

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 452 519**

51 Int. Cl.:

C23C 16/505 (2006.01)

C23C 16/458 (2006.01)

G01N 15/08 (2006.01)

A61B 5/15 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.05.2010 E 10162757 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.12.2013 EP 2251453**

54 Título: **Soporte de recipientes**

30 Prioridad:

13.05.2009 US 177984 P 24.07.2009 US 213904 P

17.08.2009 US 234505 P 14.11.2009 US 261321 P

20.11.2009 US 263289 P 11.12.2009 US 285813 P

25.01.2010 US 298159 P 29.01.2010 US 299888 P

26.03.2010 US 318197 P 02.07.2009 US 222727 P

11.05.2010 US 333625 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
01.04.2014

73 Titular/es:

SIO2 MEDICAL PRODUCTS, INC. (100.0%)

2250 Riley Street

Auburn, AL 36832, US

72 Inventor/es:

FELTS, JOHN T.;

FERGUSON, JOHN y

FREEDMAN, JONATHAN R.

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 452 519 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Soporte de recipientes

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere al campo técnico de la fabricación de recipientes revestidos para almacenar compuestos biológicamente activos o sangre. En particular, la invención se refiere a un soporte de recipientes portátil para un sistema de procesamiento de recipientes, a un sistema de procesamiento de recipientes para revestir un recipiente, un sistema de procesamiento de recipientes para revestir e inspeccionar un recipiente, a un método para procesar un recipiente y al uso de un sistema de procesamiento de recipientes.

10 Se proporciona un soporte de recipientes portátil para un sistema de procesamiento de recipientes y que está adaptado para sostener un recipiente mientras se reviste la superficie interior del recipiente y se inspecciona en busca de defectos y mientras se transporta el recipiente desde una primera estación de procesamiento hasta una segunda estación de procesamiento del sistema de procesamiento de recipientes, comprendiendo el soporte de recipientes un puerto de recipientes configurado para asentar una abertura del recipiente y para procesar la superficie interior del recipiente asentado a través del puerto de recipientes en la primera estación de procesamiento y en la segunda estación de procesamiento.

15 La presente descripción también se refiere a métodos mejorados para procesar recipientes, por ejemplo, múltiples recipientes idénticos usados para la venopunción y la recogida de otras muestras médicas, el almacenamiento y la administración de preparados farmacéuticos y otros fines. Estos recipientes se usan en grandes cantidades a estos efectos, y debe ser relativamente económico fabricarlos pero al mismo tiempo deben ser muy seguros durante su almacenamiento y uso.

20 Antecedentes de la invención

Por ejemplo, los tubos de extracción de sangre al vacío se usan para extraer sangre de un paciente para análisis médicos. Los tubos se venden al vacío. La sangre del paciente entra en contacto con el interior de un tubo insertando un extremo de una aguja hipodérmica de doble punta en el vaso sanguíneo del paciente y perforando el cierre del tubo de extracción de sangre al vacío con el otro extremo de la aguja de doble extremo. El vacío del tubo de extracción de sangre al vacío extrae la sangre (o mejor dicho, la presión arterial del paciente empuja la sangre) a través de la aguja hasta el tubo de extracción de sangre al vacío, esto hace que aumente la presión dentro del tubo y, por consiguiente, disminuye la diferencia de presión lo que provoca que la sangre fluya. Normalmente, la sangre sigue fluyendo hasta que se retira el tubo de la aguja o hasta que la diferencia de presión es demasiado pequeña para mantener el flujo.

30 Los tubos de extracción de sangre al vacío deben tener una vida útil sustancial para facilitar una distribución y un almacenamiento eficientes y convenientes de los tubos antes de usarlos. Por ejemplo, una vida útil de un año es conveniente y también son convenientes vidas útiles progresivamente más prolongadas, tales como de 18 meses, 24 meses o 36 meses, en algunos casos. Preferentemente, el tubo se mantiene completa y esencialmente al vacío, al menos hasta el grado necesario para extraer suficiente sangre para el análisis (un estándar común es que el tubo retenga al menos el 90% del volumen de extracción original), durante toda la vida útil, proporcionando muy pocos tubos defectuosos (óptimamente ninguno).

Es probable que un tubo defectuoso provoque que el flebotomista que está usando el tubo no logre extraer suficiente sangre. Entonces el flebotomista podría necesitar obtener y utilizar uno o más tubos adicionales para obtener una muestra de sangre adecuada.

40 Otro ejemplo sería la práctica habitual de preparar y vender jeringas precargadas de modo que no sea necesario llenar la jeringa antes de usarla. Por ejemplo, la jeringa puede precargarse con solución salina, un tinte para inyección o un preparado farmacéuticamente activo.

Normalmente, el extremo distal de la jeringa precargada está tapado, por ejemplo, con una tapa, y su émbolo de extracción cierra el extremo proximal. La jeringa precargada puede envasarse en un envase estéril antes de usarla. Para usar la jeringa precargada, se retiran el envase y la tapa, opcionalmente se acopla una aguja hipodérmica u otro conducto de administración al extremo distal del cilindro, se coloca el conducto de administración o la jeringa en una posición de uso (tal como insertando la aguja hipodérmica en un vaso sanguíneo del paciente o en un aparato para enjuagarla con el contenido de la jeringa) y se empuja el émbolo hacia adelante en el cilindro para inyectar el contenido del cilindro.

50 Un factor importante que debe tenerse en cuenta a la hora de fabricar jeringas precargadas es que el contenido de la jeringa preferentemente tendrá una vida útil considerable, durante la cual es importante aislar el material cargado en la jeringa de la pared del cilindro que lo contiene, para evitar que el material del cilindro se filtre al contenido precargado o viceversa.

Dado que muchos de estos recipientes son económicos y se usan en grandes cantidades, para ciertas aplicaciones será útil obtener de forma fiable la vida útil necesaria sin aumentar los costos de fabricación hasta un nivel prohibitivo. También es conveniente para ciertas aplicaciones utilizar recipientes de plástico, que casi nunca se rompen durante el uso normal (y si se rompen no se forman fragmentos cortantes a partir de los restos del recipiente, como sucedería con un tubo de vidrio) en vez de recipientes de vidrio que pueden romperse y cuya fabricación es costosa. Se prefieren los recipientes de vidrio porque el vidrio es más hermético e inerte al contenido precargado que los plásticos sin tratar. Además, debido a su uso tradicional, el vidrio tiene una buena aceptación ya que se sabe que es relativamente inocuo cuando se pone en contacto con muestras médicas o preparados farmacéuticos y similares.

Otro factor a tener en cuenta respecto a las jeringas es asegurarse de que el émbolo puede desplazarse a un velocidad constante y con una fuerza constante cuando se presiona en el cilindro. A estos efectos, una capa lubricante en el cilindro, en el émbolo o en ambos es conveniente.

Una lista no taxativa de patentes posiblemente relevantes incluye las Patentes de EE. UU. 6.068.884 y 4.844.986 y la Solicitudes Publicadas de EE. UU. 20060046006 y 20040267194.

US 6.180.191 B1 describe un sistema de deposición química en fase vapor asistida por plasma para revestir un recipiente con una cámara de vacío externa fuera del recipiente.

US 2003/0232150 A1 describe un dispositivo de revestimiento por CVD con una cámara de evacuación externa.

US 6.565.791 B1 describe un sistema de CVD con una cámara de evacuación externa.

Compendio de la invención

Es un objeto de la invención proporcionar la fabricación mejorada de recipientes revestidos.

Este objeto se consigue mediante el contenido de las reivindicaciones independientes. Otras realizaciones ilustrativas son evidentes a partir de las reivindicaciones dependientes y la siguiente descripción.

En particular, un aspecto de la invención se refiere a un soporte de recipientes portátil para un sistema de procesamiento de recipientes y que está adaptado para sostener un recipiente mientras se reviste la superficie interior del recipiente y se inspecciona en busca de defectos y mientras se transporta el recipiente desde una primera estación de procesamiento hasta una segunda estación de procesamiento del sistema de procesamiento de recipientes. El soporte de recipientes comprende un puerto de recipientes configurado para asentar una abertura del recipiente y para procesar la superficie interior del recipiente asentado a través del puerto de recipientes en la primera estación de procesamiento y en la segunda estación de procesamiento, y un conducto de vacío y un puerto de vacío externo para extraer un gas a través del puerto de recipientes del interior del recipiente asentado. El soporte de recipientes está adaptado para mantener un vacío en el interior del recipiente asentado, de modo que no se necesita una cámara de vacío adicional para procesar el recipiente.

Otro aspecto de la invención se refiere a un método de procesamiento de un recipiente, comprendiendo el método los siguientes pasos: asentar una abertura del recipiente en un puerto de recipientes de un soporte de recipientes; revestir una superficie interior del recipiente a través del puerto de recipientes; inspeccionar el revestimiento en busca de defectos a través del puerto de recipientes; transportar el recipiente desde una primera estación de procesamiento hasta una segunda estación de procesamiento; y soportar el recipiente asentado durante el revestimiento, la inspección y el transporte por parte del soporte de recipientes. El soporte de recipientes comprende un conducto de vacío y un puerto de vacío externo para extraer un gas a través del puerto de recipientes del interior del recipiente asentado. El soporte de recipientes está adaptado para mantener el vacío en el interior del recipiente asentado, de tal modo que no se necesita una cámara de vacío adicional para procesar el recipiente.

A continuación, se describen métodos y dispositivos fabricados de acuerdo con los métodos, donde los métodos pueden ser llevados a cabo por el sistema de procesamiento de recipientes que se describe más adelante y los dispositivos pueden ser fabricados por este sistema.

La presente descripción proporciona un método para revestir una superficie, por ejemplo, la superficie interior de un recipiente, con un revestimiento aplicado por PECVD a partir de un precursor organosilícico. Además, la presente invención proporciona el revestimiento resultante, un recipiente revestido con dicho revestimiento y el uso del revestimiento, p. ej., como revestimiento lubricante, revestimiento hidrófobo o revestimiento de barrera. También se proporcionan un aparato y varios dispositivos para llevar el método a la práctica. La invención también proporciona métodos de inspección del revestimiento, en particular, un método que emplea la desgasificación de especies volátiles de la superficie revestida para dicha inspección.

Método de revestimiento por PECVD

La descripción se refiere a un método para preparar un revestimiento mediante el tratamiento por deposición química en fase vapor asistida por plasma (PECVD, por sus siglas en inglés) y, por ejemplo, un método para revestir la superficie interior de un recipiente.

5 Se proporciona una superficie, por ejemplo, la superficie interna de un recipiente, así como también una mezcla de reacción que comprende un compuesto organosilícico gaseoso, opcionalmente un gas oxidante, y opcionalmente un hidrocarburo gaseoso.

La superficie se pone en contacto con la mezcla de reacción. Se forma plasma en la mezcla de reacción. Preferentemente, dicho plasma no es un plasma de cátodo hueco, o dicho de otra forma, dicho plasma está sustancialmente exento de plasma de cátodo hueco. El revestimiento se deposita sobre al menos una porción de la superficie, p. ej., una porción de la pared interior del recipiente.

El método se lleva a cabo como se indica a continuación.

15 Se proporciona un precursor. Preferentemente, dicho precursor es un compuesto organosilícico (también denominado a continuación "precursor organosilícico"), más preferentemente un compuesto organosilícico seleccionado del grupo conformado por un siloxano lineal, un siloxano monocíclico, un siloxano policíclico, un polisilsesquioxano, un alquiltrimetoxisilano, un análogo de tipo aza de cualquiera de estos precursores (es decir, un siloxazano lineal, un siloxazano monocíclico, un siloxazano policíclico o un polisilsesquioxazano) y una combinación de dos o más cualesquiera de estos precursores. El precursor se aplica a un sustrato en condiciones efectivas para formar un revestimiento por PECVD. De este modo el precursor se polimeriza, reticula, oxida parcial o completamente, o cualquier combinación de estos fenómenos.

En un aspecto de la invención, el revestimiento es un revestimiento lubricante, es decir, forma una superficie con una resistencia a la fricción menor que el sustrato no revestido.

En otro aspecto de la invención, el revestimiento es un revestimiento pasivante, por ejemplo, un revestimiento hidrófobo que produce, p. ej., una menor precipitación de los componentes de una composición que está en contacto con la superficie revestida. Este revestimiento hidrófobo se caracteriza por una humectabilidad menor que su homólogo no revestido.

Un revestimiento lubricante de la presente descripción también puede ser un revestimiento pasivante y viceversa.

En otro aspecto de la invención, el revestimiento es un revestimiento de barrera, por ejemplo, un revestimiento de SiO_x. Normalmente, la barrera es contra un gas o un líquido, preferentemente contra vapor de agua, oxígeno y/o aire. La barrera también se puede utilizar para establecer y/o mantener el vacío dentro de un recipiente revestido con el revestimiento de barrera, p. ej., dentro de un tubo de extracción de sangre.

Además, el método de la invención puede comprender la aplicación de uno o más revestimientos adicionales de un precursor organosilícico aplicados por PECVD. Otra etapa opcional consiste en el postratamiento del revestimiento de SiO_x con un gas de proceso que consiste esencialmente en oxígeno y que está esencialmente exento de un compuesto de silicio volátil.

35 Revestimiento lubricante

En un aspecto específico, se proporciona un revestimiento lubricante.

Este revestimiento se aplica convenientemente mediante el método PECVD y utilizando los precursores descritos anteriormente.

40 Por ejemplo, la presente invención proporciona un método para establecer las propiedades de lubricidad de un revestimiento sobre la superficie de un sustrato, comprendiendo el método las siguientes etapas:

proporcionar un reactivo gaseoso, que comprenda un precursor organosilícico y opcionalmente O₂, cerca de la superficie del sustrato;

45 (b) generar un plasma a partir del reactivo gaseoso, para formar de esta manera un revestimiento sobre la superficie del sustrato por deposición química en fase vapor asistida por plasma (PECVD), donde las propiedades referentes a la lubricidad del revestimiento se establecen ajustando la relación entre el O₂ y el precursor organosilícico en el reactivo gaseoso, y/o ajustando la potencia eléctrica utilizada para generar el plasma.

Un precursor preferido para el revestimiento lubricante es un siloxano monocíclico, por ejemplo, octametilciclotetrasiloxano (OMCTS).

La superficie revestida resultante tiene una resistencia a la fricción menor que el sustrato no tratado. Por ejemplo, cuando la superficie revestida está dentro del cilindro de una jeringa y/o el émbolo de una jeringa, el revestimiento lubricante proporciona de forma efectiva una fuerza de arranque o una fuerza de desplazamiento del émbolo, o ambas, inferior(es) a la fuerza correspondiente requerida en ausencia del revestimiento lubricante.

5 El artículo revestido con el revestimiento lubricante puede ser un recipiente con el revestimiento lubricante sobre una pared, preferentemente sobre la pared interior, p. ej., el cilindro de una jeringa, o una parte de un recipiente o una tapa de un recipiente con dicho revestimiento sobre la superficie de contacto con el recipiente, p. ej., el émbolo de una jeringa o la tapa de un recipiente.

10 El revestimiento lubricante puede tener en un aspecto la fórmula $Si_wO_xC_yH_z$, por ejemplo, donde w es 1, x es w es 1, x es de aproximadamente 0.5 a aproximadamente 2.4, y es de aproximadamente 0.6 a aproximadamente 3, y z es de aproximadamente 2 a aproximadamente 9, preferentemente donde w es 1, x es de aproximadamente 0.5 a 1, y es de aproximadamente 2 a aproximadamente 3, y z es de 6 a aproximadamente 9.

Pasivación, por ejemplo, revestimiento hidrófobo

El revestimiento pasivante de acuerdo con la presente descripción es, por ejemplo, un revestimiento hidrófobo.

15 Un precursor preferido para la pasivación, por ejemplo, el revestimiento hidrófobo es un siloxano lineal, por ejemplo, hexametildisiloxano (HMDSO).

20 Un revestimiento pasivante de acuerdo con la presente descripción previene o reduce los efectos mecánicos y/o químicos de la superficie no revestida sobre un compuesto o una composición contenida en el recipiente. Por ejemplo, se previenen o reducen la precipitación y/o la coagulación o la activación plaquetaria de un compuesto o componente de una composición que está en contacto con la superficie, p. ej., la coagulación de la sangre o la activación plaquetaria o la precipitación de insulina, o se previene la humectación de la superficie no revestida de un fluido acuoso.

25 Un aspecto particular es una superficie con un revestimiento hidrófobo de fórmula $Si_wO_xC_yH_z$, por ejemplo, donde w es 1, x es de aproximadamente 0.5 a aproximadamente 2.4, y es de aproximadamente 0.6 a aproximadamente 3, y z es de aproximadamente 2 a aproximadamente 9, preferentemente donde w es 1, x es de aproximadamente 0.5 a 1, y es de aproximadamente 2 a aproximadamente 3, y z es de 6 a aproximadamente 9.

El artículo revestido con el revestimiento pasivante puede ser un recipiente con el revestimiento pasivante sobre una pared, preferentemente sobre la pared interior, p. ej., un tubo, o una parte de un recipiente o una tapa de un recipiente con dicho revestimiento sobre la superficie de contacto con el recipiente, p. ej., la tapa de un recipiente.

Revestimiento de un recipiente

30 Cuando un recipiente se reviste mediante el método de revestimiento anterior utilizando PECVD, el método comprende varias etapas. Se proporciona un recipiente que tiene un extremo abierto, un extremo cerrado y una superficie interior. Se introduce al menos un reactivo gaseoso en el recipiente. Se forma plasma dentro del recipiente en condiciones efectivas para formar un producto de reacción del reactivo, es decir, un revestimiento, sobre la superficie interior del recipiente.

35 Preferentemente, el método se lleva a cabo asentando el extremo abierto del recipiente en un soporte de recipientes como se describe en la presente, de este modo se establece una comunicación sellada entre el soporte de recipientes y el interior del recipiente. En este aspecto preferido, el reactivo gaseoso se introduce en el recipiente a través del soporte de recipientes. En un aspecto particularmente preferido de la invención, se proporciona un aparato de deposición química en fase vapor asistida por plasma (PECVD), que comprende un soporte de recipientes, un electrodo interno, un electrodo externo y una fuente de alimentación, que se utiliza para el método de revestimiento de acuerdo con la presente descripción.

40 El soporte de recipientes tiene un puerto para recibir un recipiente en una posición asentada para el procesamiento. El electrodo interno se posiciona para ser introducido en un recipiente asentado en un soporte de recipientes. El electrodo externo tiene una porción interior posicionada para recibir un recipiente asentado en el soporte de recipientes. La fuente de alimentación suministra corriente alterna al electrodo interno/externo para formar un plasma en el recipiente asentado en el soporte de recipientes. Normalmente, la fuente de alimentación suministra corriente alterna al electrodo externo mientras el electrodo interno está conectado a tierra. En esta realización, el recipiente define la cámara de reacción del plasma.

45 En un aspecto particular de la invención, el aparato de PECVD descrito en los párrafos anteriores comprende una salida de gas, que no incluye necesariamente una fuente de vacío, para transferir el gas desde y hasta el interior de un recipiente asentado en el puerto para definir una cámara cerrada.

En otro aspecto particular de la invención, el aparato de PECVD incluye un soporte de recipientes, una primera herramienta de sujeción, un asiento en el soporte de recipientes, un suministro de reactivo, un generador de plasma y un mecanismo de liberación de recipientes.

5 El soporte de recipientes está configurado para asentar el extremo abierto de un recipiente. La primera herramienta de sujeción está configurada para sujetar y liberar selectivamente el extremo cerrado de un recipiente y, mientras sujeta el extremo cerrado del recipiente, transportar el recipiente hasta situarlo cerca del soporte de recipientes. El soporte de recipientes tiene un asiento configurado para establecer una comunicación sellada entre el soporte de recipientes y el espacio interior del primer recipiente.

10 El suministro de reactivo está conectado operativamente para introducir al menos un reactivo gaseoso en el primer recipiente a través del soporte de recipientes. El generador de plasma está configurado para formar plasma dentro del primer recipiente en condiciones efectivas para formar un producto de reacción del reactivo sobre la superficie interior del primer recipiente.

15 El mecanismo de liberación de recipientes se proporciona para liberar el primer recipiente del soporte de recipientes. Una herramienta de sujeción que es la primera herramienta de sujeción u otra herramienta de sujeción está configurada para transportar el primer recipiente axialmente lejos del soporte de recipientes y posteriormente liberar el primer recipiente.

20 En un aspecto particular, el método es para revestir la superficie interna de una abertura limitada de un recipiente, por ejemplo, un recipiente generalmente tubular, mediante PECVD. El recipiente incluye una superficie externa, una superficie interna que define una cavidad, una abertura más grande con un diámetro interno y una abertura limitada definida por una superficie interna y que tiene un diámetro interno más pequeño que el diámetro interno de la abertura más grande. Se proporciona un recipiente de procesamiento con una cavidad y una abertura en el recipiente de procesamiento. La abertura del recipiente de procesamiento está conectada con la abertura limitada del recipiente para establecer una comunicación entre la cavidad del recipiente que se ha de procesar y la cavidad del recipiente de procesamiento a través de la abertura limitada. Se crea al menos un vacío parcial en la cavidad del recipiente que se ha de procesar y la cavidad del recipiente de procesamiento. Se introduce un reactivo de PECVD a través de la primera abertura, pasando por la cavidad del recipiente que se ha de procesar y después a través de la abertura limitada hasta la cavidad del recipiente de procesamiento. Se genera plasma junto a la abertura limitada en condiciones efectivas para depositar un revestimiento de un producto de reacción de PECVD en la superficie interna de la abertura limitada.

Recipiente revestido y partes de recipiente

30 La presente invención proporciona además el revestimiento resultante del método descrito anteriormente, una superficie revestida con dicho revestimiento y, por ejemplo, un recipiente revestido con dicho revestimiento.

La superficie revestida con el revestimiento, p. ej., la pared del recipiente o parte de este, puede ser vidrio o un polímero, preferentemente un polímero termoplástico, más preferentemente un polímero seleccionado del grupo conformado por un policarbonato, un polímero olefínico, un copolímero cicloolefínico y un poliéster. Por ejemplo, es un copolímero cicloolefínico, un tereftalato de polietileno o un polipropileno.

35 En un aspecto particular de la invención, la pared del recipiente tiene una capa polimérica interior recubierta por al menos una capa polimérica exterior. Los polímeros pueden ser los mismos o diferentes. P. ej., una de las capas poliméricas de una resina copolimérica cicloolefínica (COC) (p. ej., que define una barrera contra el vapor de agua) y otra capa polimérica es una capa de una resina de poliéster. Este recipiente se puede fabricar mediante un proceso que incluye introducir capas de resina de poliéster y COC en un molde de inyección a través de boquillas de inyección concéntricas.

40 El recipiente revestido puede estar vacío, al vacío o (pre)llenado con un compuesto o una composición.

Un aspecto particular es un recipiente que tiene un revestimiento pasivante, por ejemplo, un revestimiento hidrófobo como el definido anteriormente.

45 Otro aspecto particular es una superficie con un revestimiento lubricante como el definido anteriormente. Puede ser un recipiente con el revestimiento lubricante sobre una pared, preferentemente sobre la pared interior, p. ej., el cilindro de una jeringa, o una parte de un recipiente o una tapa de un recipiente con dicho revestimiento sobre la superficie de contacto con el recipiente, p. ej., el émbolo de una jeringa o la tapa de un recipiente.

50 Un aspecto particular es una jeringa que incluye un émbolo, un cilindro de jeringa y un revestimiento lubricante como el definido anteriormente sobre una o ambas partes de esta jeringa, preferentemente sobre la pared interior del cilindro de la jeringa. El cilindro de la jeringa incluye un cilindro con una superficie interior por la cual se desliza el émbolo. El revestimiento lubricante se puede aplicar sobre la superficie interior del cilindro de la jeringa o sobre la superficie del émbolo

que está en contacto con el cilindro, o sobre ambas superficies. El revestimiento lubricante reduce de forma efectiva la fuerza de arranque o la fuerza de deslizamiento del émbolo necesaria para desplazar el émbolo dentro del cilindro.

Otro aspecto particular es un cilindro de jeringa revestido con el revestimiento lubricante definido en el párrafo anterior.

5 En un aspecto específico de dicho cilindro de jeringa revestido, el cilindro de jeringa comprende un cilindro que define una cavidad y que tiene una superficie interior por la cual se desliza el émbolo. El cilindro de jeringa está hecho preferentemente de material termoplástico. Se aplica un revestimiento lubricante a la superficie interior del cilindro, el émbolo o ambos mediante deposición química en fase vapor asistida por plasma (PECVD). Se aplica un elemento de retención de soluto sobre el revestimiento lubricante mediante tratamiento de la superficie, p. ej., una cantidad efectiva para reducir fugas del revestimiento lubricante, el material termoplástico o ambos a la cavidad. El revestimiento lubricante y el elemento de retención de soluto están compuestos y presentes en cantidades relativas de forma que sean efectivas para proporcionar una fuerza de arranque, una fuerza de deslizamiento del émbolo o ambas, inferior(es) a la fuerza correspondiente necesaria en ausencia del revestimiento lubricante y el elemento de retención de soluto.

15 Otro aspecto más es una jeringa que incluye un émbolo, un cilindro de jeringa y revestimientos interiores y exteriores. El cilindro tiene una superficie interior por la cual se desliza el émbolo y una superficie exterior. Sobre la superficie interior hay un revestimiento lubricante y se puede proporcionar un revestimiento de barrera adicional de SiO_x , donde x es de aproximadamente 1.5 a aproximadamente 2.9, sobre la superficie interior del cilindro. Se proporciona un revestimiento de barrera, p. ej., de una resina o de un revestimiento de SiO_x adicional, sobre la superficie exterior del cilindro.

20 Otro aspecto es una jeringa que incluye un émbolo, un cilindro de jeringa y un conector de tipo Luer. El cilindro de jeringa tiene una superficie interior por la cual se desliza el émbolo. El conector de tipo Luer incluye un ajuste cónico de tipo Luer con un paso interno definido por una superficie interna. El conector de tipo Luer se forma como una pieza separada del cilindro de jeringa y unida al cilindro de jeringa por acoplamiento. El paso interno del ajuste cónico de tipo Luer tiene un revestimiento de barrera de SiO_x , donde x es de aproximadamente 1.5 a aproximadamente 2.9.

25 Otro aspecto es un émbolo para una jeringa, que incluye un pistón y una varilla de empuje. El pistón tiene una cara frontal, una cara lateral generalmente cilíndrica y una porción trasera, estando configurada la cara lateral para asentarse con movilidad dentro de un cilindro de jeringa. El émbolo tiene un revestimiento lubricante de acuerdo con la presente descripción sobre su cara lateral. La varilla de empuje se acopla a la porción trasera del pistón y está configurada para hacer avanzar el pistón en un cilindro de jeringa. El émbolo puede comprender adicionalmente un revestimiento de SiO_x .

30 Otro aspecto es un recipiente con solo una abertura, es decir, un recipiente para recoger o almacenar un compuesto o una composición. Dicho recipiente es en un aspecto específico un tubo, p. ej., un tubo de recogida de muestras, p. ej., un tubo de extracción de sangre. Dicho tubo puede estar cerrado con un cierre, p. ej., una tapa o un tapón. Dicha tapa o tapón puede comprender un revestimiento lubricante de acuerdo con la presente descripción sobre su superficie que está en contacto con el tubo y/o puede contener un revestimiento pasivante de acuerdo con la presente descripción sobre su superficie orientado hacia la cavidad del tubo. En un aspecto específico, dicho tapón o una parte de este puede estar hecho de un material elastomérico.

35 Este tipo de tapón se puede preparar como se indica a continuación: El tapón se encuentra en una cámara sustancialmente al vacío. Se proporciona una mezcla de reacción que incluye un compuesto organosilícico gaseoso, opcionalmente un gas oxidante y, opcionalmente, un hidrocarburo gaseoso. Se forma plasma en la mezcla de reacción, la cual se pone en contacto con el tapón. Se deposita un revestimiento sobre al menos una porción del tapón.

40 Otro aspecto es un recipiente que tiene un revestimiento de barrera de acuerdo con la presente descripción. El recipiente es generalmente tubular y está hecho de material termoplástico. El recipiente tiene una boca y una cavidad unidas al menos en parte por una pared. La pared tiene una superficie interna que se interconecta con la cavidad. En un aspecto preferido, se aplica un revestimiento de barrera al menos esencialmente continuo hecho de SiO_x como el definido anteriormente sobre la superficie interna de la pared. El revestimiento de barrera es efectivo para mantener dentro del recipiente al menos el 90% de su nivel de vacío inicial, opcionalmente el 95% de su nivel de vacío inicial, durante una vida útil de al menos 24 meses. Se proporciona un cierre que cubre la boca del recipiente y aísla la cavidad del recipiente del aire ambiental.

50 Los revestimientos aplicados por PECVD y los métodos de revestimiento por PECVD utilizando un precursor organosilícico descritos en esta descripción también son útiles para revestir catéteres o cubetas para formar un revestimiento de barrera, un revestimiento hidrófobo, un revestimiento lubricante o más de uno de estos. Una cubeta es un tubo pequeño de sección transversal circular o cuadrada, sellado en un extremo, hecho de un polímero, vidrio o cuarzo fundido (para la luz UV) y diseñado como portamuestras para experimentos espectroscópicos. Las mejores cubetas son tan transparentes como sea posible, sin impurezas que puedan afectar a la lectura espectroscópica. Al igual que los tubos de ensayo, las cubetas pueden estar expuestas a la atmósfera o tener un tapón para sellarlas. Los revestimientos aplicados por PECVD de la

presente invención pueden ser muy finos, transparentes y planos desde un punto de vista óptico, de forma que no interfieran con el análisis óptico de las cubetas o su contenido.

Recipiente revestido (pre)llenado

5 Un aspecto específico es un recipiente revestido como los descritos anteriormente que está precargado o se utiliza para llenarlo con un compuesto o una composición en su cavidad. Dicho compuesto o composición puede ser

un compuesto o una composición biológicamente activa, preferentemente un medicamento, más preferentemente insulina o una composición que comprende insulina; o

(ii) un fluido biológico, preferentemente un fluido corporal, más preferentemente sangre o una fracción de la sangre (p. ej., células sanguíneas); o

10 (iii) un compuesto o una composición que se puede combinar con otro compuesto o composición directamente en el recipiente, p. ej., un compuesto para prevenir la coagulación de la sangre o la activación plaquetaria en un tubo de extracción de sangre, como citrato o una composición que contiene citrato.

15 Generalmente, el recipiente revestido es particularmente útil para recoger o almacenar un compuesto o una composición que es sensible a efectos mecánicos y/o químicos de la superficie del material del recipiente revestido, preferentemente para prevenir o reducir la precipitación y/o la coagulación o la activación plaquetaria de un compuesto o un componente de la composición que está en contacto con la superficie interior del recipiente.

20 Por ejemplo, un tubo de preparación de células que tiene una pared con un revestimiento hidrófobo de la presente invención y que contiene un reactivo de citrato sódico acuoso es adecuado para extraer sangre y prevenir o reducir la coagulación de la sangre. Se introduce una cantidad efectiva del reactivo de citrato sódico acuoso en la cavidad del tubo para inhibir la coagulación de la sangre introducida en el tubo.

25 Un aspecto específico es un recipiente para extraer/recibir sangre o un recipiente que contiene sangre. El recipiente tiene una pared. La pared tiene una superficie interna que define una cavidad. La superficie interna de la pared tiene un revestimiento hidrófobo al menos parcial de la presente invención. El revestimiento puede ser fino con un espesor monomolecular o con un espesor de aproximadamente 1000 nm. Preferentemente, la sangre extraída o almacenada en la cavidad del recipiente que está en contacto con el revestimiento se puede devolver al sistema vascular de un paciente. El revestimiento reduce de forma efectiva la coagulación o la activación plaquetaria de la sangre expuesta a la superficie interna, en comparación con el mismo tipo de pared sin revestir.

30 Otro aspecto es un recipiente que contiene insulina y que tiene una pared con una superficie interna que define una cavidad. La superficie interna tiene un revestimiento hidrófobo al menos parcial de la presente invención. El revestimiento puede tener un espesor comprendido en el rango de espesor monomolecular a aproximadamente 1000 nm de espesor sobre la superficie interna. Se introduce insulina o una composición que comprende insulina dentro de la cavidad que está en contacto con el revestimiento. Opcionalmente, el revestimiento reduce de forma efectiva la formación de un precipitado con la insulina que está en contacto con la superficie interna, en comparación con la misma superficie sin revestimiento.

35 La presente descripción proporciona por lo tanto las siguientes realizaciones en lo que respecta a métodos de revestimiento, productos revestidos y uso de dichos productos:

Un método para establecer las propiedades de lubricidad de un revestimiento sobre la superficie de un sustrato, comprendiendo el método las siguientes etapas:

40 (a) proporcionar un reactivo gaseoso, que comprende un precursor organosilícico y opcionalmente O₂, cerca de la superficie del sustrato; y
 (b) generar un plasma a partir del reactivo gaseoso, para formar de esta manera un revestimiento sobre la superficie del sustrato mediante deposición química en fase vapor asistida por plasma (PECVD),

donde las propiedades de lubricidad del revestimiento pueden establecerse ajustando la relación entre el O₂ y el precursor organosilícico en el reactivo gaseoso, y/o ajustando la potencia eléctrica utilizada para generar el plasma.

(2) Un método para preparar un revestimiento hidrófobo sobre un sustrato, comprendiendo el método las siguientes etapas:

45 (a) proporcionar un reactivo gaseoso, que comprende un precursor organosilícico y opcionalmente O₂, cerca de la superficie del sustrato; y
 (b) generar un plasma a partir del reactivo gaseoso, para formar de esta manera un revestimiento sobre la superficie del sustrato mediante deposición química en fase vapor asistida por plasma (PECVD),

donde las propiedades hidrofóbicas del revestimiento pueden establecerse ajustando la relación entre el O₂ y el precursor organosilícico en el reactivo gaseoso, y/o ajustando la potencia eléctrica utilizada para generar el plasma.

5 (3) El método de (1) o (2), que da como resultado un revestimiento que se caracteriza por una fórmula molecular donde la relación atómica C: O aumenta y/o la relación atómica Si: O disminuye en comparación con la fórmula molecular del precursor organosilícico.

(4) El método de acuerdo con cualquiera de (1) a (3), donde el O₂ está presente en una relación volumen-volumen respecto al reactivo gaseoso de 0:1 a 5:1, opcionalmente de 0:1 a 1:1, opcionalmente de 0:1 a 0.5:1, opcionalmente de 0:1 a 0.1:1, preferentemente cuando no hay esencialmente nada de oxígeno presente en el reactivo gaseoso.

10 (5) El método de acuerdo con cualquiera de (1) a (4), donde el reactivo gaseoso comprende menos de un 1%v de O₂, más particularmente menos de un 0.5%v de O₂ y aún más preferentemente está exento de O₂.

(6) El método de acuerdo con cualquiera de (1) a (5), donde el plasma no es un plasma de cátodo hueco.

(7) El método de acuerdo con cualquiera de (1) a (6), donde el sustrato es la pared interna de un recipiente con una cavidad, teniendo la cavidad un volumen cuando está vacía de 0.5 a 50 mL, preferentemente de 1 a 10 mL, más preferentemente de 0.5 a 5 mL, aún más preferentemente de 1 a 3 mL.

15 (8) El método de acuerdo con cualquiera de (1) a (7) (i) donde el plasma se genera con electrodos alimentados con suficiente energía para formar un revestimiento sobre la superficie del sustrato, preferentemente con electrodos alimentados con una potencia eléctrica de 0.1 a 25 W, preferentemente de 1 a 22 W, más preferentemente de 3 a 17 W, incluso más preferentemente de 5 a 14 W, aún más preferentemente de 7 a 11 W, en particular de 8 W; y/o

20 (ii) donde la relación de la potencia de los electrodos con el volumen de plasma es menor de 10 W/mL, preferentemente es de 5 W/mL a 0.1 W/mL, más preferentemente es de 4 W/mL a 0.1 W/mL, aún más preferentemente de 2 W/mL a 0.2 W/mL.

(9) Un método para preparar un revestimiento sobre la superficie de un sustrato, comprendiendo el método las siguientes etapas:

proporcionar un reactivo gaseoso, que comprenda un precursor organosilícico y opcionalmente O₂, cerca de la superficie del sustrato; y

25 generar un plasma que no sea de cátodo hueco a partir del reactivo gaseoso a

presión reducida, para formar así un revestimiento sobre la superficie del sustrato por deposición química en fase vapor asistida por plasma (PECVD).

donde las propiedades físicas y químicas del revestimiento pueden establecerse ajustando la relación entre el O₂ y el precursor organosilícico en el reactivo gaseoso, y/o ajustando la potencia eléctrica utilizada para generar el plasma.

30 (10) Un método para preparar un revestimiento de barrera sobre un sustrato, comprendiendo el método las siguientes etapas:

proporcionar un reactivo gaseoso, que comprenda un precursor organosilícico y O₂, cerca de la superficie del sustrato; y

generar un plasma que no sea un plasma de cátodo hueco a partir del reactivo gaseoso a presión reducida, para formar así un revestimiento sobre la superficie del sustrato por deposición química en fase vapor asistida por plasma (PECVD),

35 donde las propiedades de barrera del revestimiento pueden establecerse ajustando la relación entre el O₂ y el precursor organosilícico en el reactivo gaseoso, y/o ajustando la potencia eléctrica utilizada para generar el plasma.

(11) El método de acuerdo con (10)

40 donde el plasma se genera con electrodos alimentados con suficiente energía para formar un revestimiento sobre la superficie del sustrato, preferentemente con electrodos alimentados con una potencia eléctrica de 8 a 500 W, preferentemente de 20 a 400 W, más preferentemente de 35 a 350 W, incluso más preferentemente de 44 a 300 W, aún más preferentemente de 44 a 70 W; y/o

(ii) la relación de la potencia de los electrodos con el volumen de plasma es mayor o igual a 5 W/mL, preferentemente es de 6 W/mL a 150 W/mL, más preferentemente es de 7 W/mL a 100 W/mL, aún más preferentemente de 7 W/mL a 20 W/mL.

- (12) El método de acuerdo con (10) o (11), donde el O₂ está presente en una relación volumen:volumen respecto al reactivo gaseoso de 1: 1 a 100: 1 con relación al precursor que contiene silicio, preferentemente en una relación de 5: 1 a 30: 1, más preferentemente en una relación de 10: 1 a 20: 1, incluso más preferentemente en una relación de 15: 1.
- 5 (13) El método de cualquiera de (1) a (12), donde el precursor organosilícico se selecciona del grupo conformado por un siloxano lineal, un siloxano monocíclico, un siloxano policíclico, un polisilsequioxano, un silazano lineal, un silazano monocíclico, un silazano policíclico, un polisilsequiazano, un alquiltrimetoxisiloxano y una combinación de dos o más cualesquiera de estos compuestos, preferentemente es un siloxano lineal o monocíclico.
- (14) El método de (1) o (2), donde el precursor organosilícico es un siloxano monocíclico, preferentemente OMCTS.
- (15) El método de (2) o (10), donde el precursor organosilícico es un siloxano lineal, preferentemente HMDSO.
- 10 (16) El método de acuerdo con cualquiera de (1) a (15), donde PECVD se lleva a cabo con un flujo de precursor organosilícico menor o igual a 6 sccm, preferentemente menor o igual a 2.5 sccm, más preferentemente menor o igual a 1.5 sccm, aún más preferentemente menor o igual a 1.25 sccm.
- 15 (17) El método de acuerdo con cualquiera de (1) a (16), donde el sustrato es un polímero seleccionado del grupo conformado por un policarbonato, un polímero olefínico, un copolímero cicloolefínico y un poliéster, y preferentemente es un copolímero cicloolefínico, un tereftalato de polietileno o un polipropileno.
- (18) El método de acuerdo con cualquiera de (1) a (17), donde la superficie del sustrato es parte o toda la superficie interna de un recipiente con al menos una abertura y una superficie interna, y donde el reactivo gaseoso llena la cavidad interior del recipiente y el plasma se genera en parte o en toda la cavidad interior del recipiente.
- 20 (19) El método de acuerdo con cualquiera de (1) a (18), donde el plasma se genera con electrodos alimentados a una radiofrecuencia, preferentemente con una frecuencia de 10 kHz a menos de 300 MHz, más preferentemente de 1 a 50 MHz, incluso más preferentemente de 10 a 15 MHz, aún más preferentemente de 13.56 MHz.
- (20) El método de acuerdo con cualquiera de (1) a (19), donde el plasma se genera a presión reducida y la presión reducida es menor de 300 mTorr, preferentemente menor de 200 mTorr, incluso más preferentemente menor de 100 mTorr.
- 25 (21) El método de acuerdo con cualquiera de (1) a (20), donde el tiempo de deposición por PECVD es de 1 a 30 segundos, preferentemente de 2 a 10 segundos, más preferentemente de 3 a 9 segundos.
- (22) El método de acuerdo con cualquiera de (1) a (21), donde el recubrimiento resultante tiene un espesor en el rango de 1 a 100 nm, preferentemente en el rango de 20 a 50 nm.
- (23) Un revestimiento que se puede obtener mediante el método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores.
- 30 (24) El revestimiento (23), que es un revestimiento lubricante y/o hidrófobo.
- (25) El revestimiento de (24), donde la relación atómica entre el carbono y el oxígeno aumenta en comparación con el precursor organosilícico, y/o donde la relación atómica entre el oxígeno y el silicio disminuye en comparación con el precursor organosilícico.
- 35 (26) El revestimiento de cualquiera de (23) a (25), donde el precursor es octametilciclotetrasiloxano y donde el revestimiento tiene una densidad que es superior a la densidad de un revestimiento hecho de HMDSO en las mismas condiciones de reacción para PECVD.
- 40 (27) El revestimiento de acuerdo con cualquiera de (24) a (26), donde el revestimiento (i) tiene una resistencia a la fricción menor que la superficie sin revestir, donde preferentemente la resistencia a la fricción se reduce al menos un 25 %, más preferentemente al menos un 45%, incluso más preferentemente al menos un 60% en comparación con la superficie sin revestir.
- (28) El revestimiento de acuerdo con cualquiera de (24) a (27), donde
tiene una humectabilidad menor que la superficie sin revestir, preferentemente una humectabilidad de 20 a 72 dinas/cm, más preferentemente una humectabilidad de 30 a 60 dinas/cm, más preferentemente una humectabilidad de 30 a 40 dinas/cm, preferentemente 34 dinas/cm; y/o (iv) es más hidrófobo que la superficie sin revestir.
- 45 (29) Un recipiente revestido al menos en parte de su superficie interior con el revestimiento de acuerdo con cualquiera de (23) a (28), preferentemente un recipiente que es

un tubo de recogida de muestras, en particular un tubo de extracción de sangre; o

(ii) un vial; o

(iii) una jeringa o una parte de una jeringa, en particular el cilindro de una jeringa o el émbolo de una jeringa; o

(iv) una tubería; o

5 (v) una cubeta.

(30) El recipiente revestido de acuerdo con (29), que comprende además al menos una capa de SiO_x , donde x es de 1.5 a 2.9, donde

el revestimiento está situado entre la capa de SiO_x y la superficie del sustrato o viceversa, o donde

(ii) el revestimiento está situado entre dos capas de SiO_x o viceversa, o donde

10 (iii) las capas de SiO_x y el revestimiento son un compuesto graduado de $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$ a SiO_x o viceversa.

(31) El recipiente revestido de acuerdo con cualquiera de (29) a (30), que contiene al menos una capa más sobre su superficie exterior, preferentemente una capa de barrera más que consiste en plástico o SiO_x , donde x es de 1.5 a 2.9.

(32) El recipiente revestido de acuerdo con cualquiera de (29) a (31), que contiene un compuesto o una composición en su cavidad, preferentemente un compuesto o una composición biológicamente activa o un fluido biológico, más preferentemente (i) un citrato o una composición que contiene citrato, (ii) un medicamento, en particular insulina o una composición que contiene insulina, o (iii) sangre o células sanguíneas.

15

(33) El recipiente revestido de acuerdo con cualquiera de (29) a (32), que es el cilindro de una jeringa fabricado de acuerdo con el método de la reivindicación 1, donde el precursor es un siloxano, más preferentemente es un siloxano monocíclico, incluso más preferentemente es octametilciclotetrasiloxano, y donde en la etapa (a) se proporciona prácticamente nada de O_2 gaseoso en el reactivo gaseoso, donde la fuerza para mover el émbolo a través de dicho cilindro revestido se reduce al menos un 25%, más preferentemente al menos un 45%, incluso más preferentemente un 60% en comparación con el cilindro de una jeringa sin revestir.

20

(34) El uso de un revestimiento de fórmula molecular $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$, donde

w es 1, x es de 0.5 a 2.4, y es de 0.6 a 3, y z es de 2 a 9, como

25

revestimiento lubricante con una resistencia a la fricción menor que la superficie sin revestir; y/o

(ii) un revestimiento hidrófobo que es más hidrófobo que la superficie sin revestir.

(35) El uso de (34), donde el revestimiento es un revestimiento como el definido en cualquiera de (24) a (28).

(36) El uso de (34) o (35), donde el revestimiento previene o reduce la precipitación de un compuesto o componente de una composición que está en contacto con el revestimiento, en particular previene o reduce la precipitación de insulina o la coagulación de la sangre, en comparación con la superficie sin revestir y/o una superficie revestida de acuerdo con el método de (1) usando HMDSO como precursor.

30

(37) El uso del recipiente revestido de acuerdo con cualquiera de (29) a (33) para proteger un compuesto o una composición contenida o recibida en dicho recipiente revestido contra los efectos mecánicos y/o químicos de la superficie del material del recipiente sin revestir, preferentemente para prevenir o reducir la precipitación y/o la coagulación de un compuesto o un componente de la composición que está en contacto con la superficie interior del recipiente.

35

(38) El uso de (37), donde el compuesto o la composición es (i) un compuesto o una composición biológicamente activa, preferentemente un medicamento, más preferentemente insulina o una composición que comprende insulina donde se reduce o previene la precipitación de insulina; o

(ii) un fluido biológico, preferentemente un fluido corporal, más preferentemente sangre o una fracción de la sangre donde se reduce o previene la coagulación de la sangre y/o la activación plaquetaria.

40

(39) Un kit médico o diagnóstico que comprende un recipiente revestido de acuerdo con la presente descripción que puede comprender además: un medicamento o agente diagnóstico que está contenido en dicho recipiente revestido; y/o una aguja hipodérmica, una aguja de doble extremo u otro conducto de administración; y/o un prospecto.

La presente invención proporciona además las siguientes realizaciones:

I. Sistema de procesamiento de recipientes que tiene múltiples estaciones de procesamiento y múltiples soportes de recipientes

De acuerdo con un aspecto de la presente invención, se proporciona un sistema de procesamiento de recipientes para revestir un recipiente, comprendiendo el sistema una primera estación de procesamiento, una segunda estación de procesamiento, un soporte de recipientes y un dispositivo transportador. La primera estación de procesamiento está configurada para llevar a cabo un primer procesamiento, por ejemplo, una inspección o un revestimiento, de la superficie interior del recipiente. La segunda estación de procesamiento se basa en la primera estación de procesamiento y está configurada para llevar a cabo un segundo procesamiento, por ejemplo, una inspección o un revestimiento, de la superficie interior del recipiente. El soporte de recipientes comprende un puerto de recipientes configurado para recibir y asentar la abertura del recipiente para procesar (inspeccionar y/o revestir y/o inspeccionar) la superficie interior del recipiente asentado a través del puerto de recipientes en la primera estación de procesamiento y en la segunda estación de procesamiento. El dispositivo transportador se adapta para transportar el soporte de recipientes y el recipiente asentado después del primer procesamiento desde la primera estación de procesamiento hasta la segunda estación de procesamiento para el segundo procesamiento de la superficie interior del recipiente asentado en la segunda estación de procesamiento.

La definición de recipientes en esta descripción es muy amplia e incluye recipientes de todo tipo incluidos, pero sin limitarse a, tubos de muestreo para extraer o almacenar sangre, orina u otras muestras; jeringas para almacenar o administrar un compuesto o una composición biológicamente activa; viales para almacenar materiales biológicos o compuestos o composiciones biológicamente activas; catéteres para transportar materiales biológicos o compuestos o composiciones biológicamente activas; y cubetas portamuestras para materiales biológicos o compuestos o composiciones biológicamente activas.

Los recipientes que se describen a continuación se procesan todos con uno de los sistemas o aparatos de procesamiento que se describen más adelante. Es decir, las características que se describen a continuación con respecto a un aparato o sistema de procesamiento también se pueden implementar como etapas del método y pueden afectar al recipiente procesado de esta forma.

Una cubeta es un tubo pequeño de sección transversal circular o cuadrada, sellado en un extremo, hecho de plástico, vidrio o cuarzo fundido (para la luz UV) y diseñado como portamuestras para experimentos espectroscópicos. Las mejores cubetas son tan transparentes como sea posible, sin impurezas que puedan afectar a la lectura espectroscópica. Al igual que los tubos de ensayo, las cubetas pueden estar expuestas a la atmósfera en su parte superior o tener una tapa para sellarlas.

El término "interior del recipiente" se refiere al espacio vacío dentro del recipiente que se puede utilizar para almacenar sangre o, de acuerdo con otro ejemplo de realización, un compuesto o una composición biológicamente activa.

El término procesamiento puede comprender una etapa de revestimiento y/o una etapa de inspección o una serie de etapas de revestimiento e inspección, por ejemplo, una etapa de inspección inicial, seguida de una etapa de revestimiento que va seguida a continuación de una segunda o incluso una tercera o cuarta inspección. La segunda, tercera y cuarta inspección se pueden llevar a cabo de forma simultánea.

De acuerdo con un ejemplo de realización de la presente invención, el soporte de recipientes comprende un conducto de vacío para extraer gas del espacio interior del recipiente asentado, donde el soporte de recipientes está adaptado para mantener el vacío en el interior del recipiente asentado, de forma que no se requiere ninguna cámara de vacío adicional para procesar el recipiente. Es decir, el soporte de recipientes forma, junto con el recipiente asentado, una cámara de vacío que está adaptada para proporcionar el vacío en el espacio interior del recipiente. Este vacío es importante para ciertas etapas del procesamiento, tales como la desorción química en fase vapor asistida por plasma (PECVD) y otras etapas de deposición química en fase vapor. Además, el vacío dentro del recipiente puede ser importante para llevar a cabo cierta inspección de la pared del recipiente, en particular el revestimiento de la superficie interior de la pared del recipiente, por ejemplo, midiendo la tasa de desgasificación de la pared o la conductividad eléctrica de la pared.

De acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención, el primer procesamiento se lleva a cabo durante 30 segundos o menos. Asimismo, el segundo procesamiento se lleva a cabo durante 30 segundos o menos.

Así pues, se proporciona un sistema de procesamiento de recipientes para revestir recipientes que permite fabricar los recipientes de forma rápida.

De acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención, el primer procesamiento y/o el segundo procesamiento comprenden una inspección de la superficie interior del recipiente y a continuación un revestimiento de la superficie interior.

De acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención, el soporte de recipientes comprende un puerto de entrada de gas para transportar gas al interior del recipiente.

De acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención, el sistema está adaptado para volver a procesar automáticamente el recipiente si se detecta un defecto de revestimiento. Por ejemplo, el sistema de procesamiento de recipientes y en particular el soporte de recipientes puede comprender un montaje con detectores diferentes, por ejemplo, detectores ópticos, sondas de presión, detectores de gases, electrodos para medidas eléctricas, etc.

- 5 Además, de acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención, el sistema de procesamiento de recipientes, por ejemplo, una o más de las estaciones de procesamiento, comprende una o más herramientas de sujeción para transportar el recipiente al soporte de recipientes y/o para retirar el recipiente del soporte de recipientes.

De acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención, el soporte de recipientes comprende un puerto de entrada de gas para transportar gas al interior del recipiente.

- 10 De acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención, el sistema de procesamiento de recipientes está adaptado para volver a procesar automáticamente el recipiente si se detecta un defecto de revestimiento.

El gas transportado al espacio interior del recipiente se puede utilizar para revestir por PECVD la superficie interior del recipiente.

- 15 De acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención, el primer procesamiento y/o el segundo procesamiento comprenden un revestimiento de la superficie interior del recipiente.

De acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención, la primera estación de procesamiento y/o la segunda estación de procesamiento comprenden un aparato de PECVD para revestir la superficie interior del recipiente.

De acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención, el sistema comprende además un electrodo externo que rodea al menos la parte superior del recipiente asentado.

- 20 De acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención, el soporte de recipientes comprende una sonda electroconductor para proporcionar un contraelectrodo dentro del recipiente.

De acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención, el primer procesamiento y/o el segundo procesamiento comprenden una inspección de la superficie interior del recipiente.

- 25 De acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención, el sistema comprende además un primer detector adaptado para ser insertado en el recipiente a través del puerto de recipientes de la primera estación de procesamiento y/o la segunda estación de procesamiento para inspeccionar la superficie interior del recipiente en busca de defectos.

De acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención, el sistema de procesamiento de recipientes comprende además un segundo detector localizado fuera del recipiente para inspeccionar la superficie interior del recipiente en busca de defectos.

- 30 De acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención, el primer detector y/o el segundo detector están acoplados al soporte de recipientes.

De acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención, el soporte de recipientes comprende un molde para formar el recipiente.

- 35 De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, se establece el uso de un sistema de procesamiento de recipientes descrito anterior y posteriormente para fabricar un tubo de extracción de sangre para almacenar sangre, una jeringa para almacenar un compuesto o una composición biológicamente activa, un vial para almacenar un compuesto o una composición biológicamente activa, un catéter para transportar compuestos o composiciones biológicamente activas, o una pipeta para pipetear un compuesto o una composición biológicamente activa.

- 40 El sistema de procesamiento de recipientes también puede estar adaptado para inspeccionar un recipiente y también puede estar adaptado en particular para llevar a cabo una primera inspección del recipiente en busca de defectos, para aplicar un primer revestimiento sobre la superficie interior del recipiente, seguido de una segunda inspección de la superficie interna del recipiente revestido en busca de defectos. Además, el sistema puede estar adaptado para evaluar los datos adquiridos durante las distintas inspecciones, donde la segunda inspección y la evaluación de los datos requieren menos de 30 segundos.

- 45 De acuerdo con otro aspecto de la invención, se proporciona un sistema de procesamiento de recipientes para revestir e inspeccionar un recipiente, comprendiendo el sistema un montaje de estaciones de procesamiento configurado para llevar a cabo una primera inspección del recipiente en busca de defectos, aplicar un primer revestimiento a la superficie interior del recipiente, llevar a cabo una segunda inspección de la superficie interior del recipiente revestido en busca de defectos y

evaluar los datos adquiridos durante la inspección, donde la segunda inspección y la evaluación de datos requieren menos de 30 segundos.

Aplicar el primer revestimiento también se puede denominar primer o segundo procesamiento y lleva a cabo la segunda inspección de la superficie interior del recipiente revestido se puede denominar segundo procesamiento.

5 De acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención, el montaje de estaciones de procesamiento comprende una primera estación de procesamiento para llevar a cabo la primera inspección, aplicar el primer revestimiento en la superficie interior del recipiente asentado y llevar a cabo la segunda inspección. Además, el montaje de estaciones de procesamiento comprende un soporte de recipientes que comprende un puerto de recipientes configurado para recibir y
10 asentar una abertura del recipiente para inspeccionar y aplicar el primer revestimiento sobre la superficie interior del recipiente asentado a través del puerto de recipientes en la primera estación de procesamiento.

De acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención, el montaje de estaciones de procesamiento comprende además una segunda estación de procesamiento separada de la primera estación de procesamiento y configurada para llevar a cabo la segunda inspección, aplicar un segundo revestimiento y llevar a cabo una tercera
15 inspección después del segundo revestimiento. Además, el sistema de procesamiento de recipientes comprende un dispositivo transportador para transportar el soporte de recipientes y el recipiente asentado después de haber aplicado el primer revestimiento desde la primera estación de procesamiento hasta la segunda estación de procesamiento para aplicar el segundo revestimiento sobre la superficie interior del recipiente asentado en la segunda estación de procesamiento. El puerto de recipientes del soporte de recipientes está configurado para recibir y asentar la abertura del recipiente para revestir e inspeccionar la superficie interior del recipiente asentado a través del puerto de recipientes en la primera estación
20 de procesamiento y en la segunda estación de procesamiento.

De acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención, el soporte de recipientes comprende un conducto de vacío para extraer gas del interior del recipiente asentado, donde el soporte de recipientes está adaptado para mantener el vacío en el interior del recipiente asentado, de forma que no se requiere ninguna cámara de vacío adicional para revestir ni inspeccionar el recipiente.

25 De acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención, cada inspección se lleva a cabo durante 30 segundos o menos.

De acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención, el sistema de procesamiento de recipientes está adaptado para volver a procesar automáticamente el recipiente si se detecta un defecto de revestimiento.

30 De acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención, la primera estación de procesamiento y/o la segunda estación de procesamiento comprenden un aparato de PECVD para aplicar el revestimiento sobre la superficie interior del recipiente.

De acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención, el primer revestimiento es un revestimiento de barrera, donde el sistema está adaptado para confirmar si la capa de barrera está presente o ausente.

35 De acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención, el segundo revestimiento es un revestimiento lubricante, donde el sistema está adaptado para confirmar si el revestimiento lubricante (es decir, la capa lubricante) está presente o ausente.

De acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención, el primer revestimiento es un revestimiento de barrera, donde el segundo revestimiento es un revestimiento lubricante y donde el sistema está adaptado para confirmar si la capa de barrera y la capa lubricante están presentes o ausentes.

40 De acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención, el sistema está adaptado para confirmar si la capa lubricante y la capa de barrera están presentes o ausentes hasta al menos un nivel de certeza de seis sigma.

De acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención, la primera inspección y/o la segunda inspección comprenden al menos una de las siguientes operaciones: medida de la tasa de desgasificación de gas del recipiente revestido, monitoreo óptico de la aplicación del revestimiento, medida de los parámetros ópticos de la superficie interior del
45 recipiente revestido y medida de las propiedades eléctricas del recipiente revestido.

Los datos de medida correspondientes pueden ser analizados posteriormente por un procesador.

De acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención, el sistema de procesamiento comprende además un primer detector para medir la tasa de desgasificación y/o un segundo detector para medir la tasa de difusión y/o un tercer detector para medir los parámetros ópticos y/o un cuarto detector para medir los parámetros eléctricos.

De acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención, el primer revestimiento y/o el segundo revestimiento tienen un espesor menor de 10 nm.

De acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención, el sistema de procesamiento de recipientes comprende además un procesador para evaluar los datos adquiridos durante la inspección.

5 Un aspecto de la invención es un sistema de procesamiento de recipientes que comprende una primera estación de procesamiento, una segunda estación de procesamiento, una multiplicidad de soportes de recipientes y un transportador. La primera estación de procesamiento está configurada para procesar un recipiente que tiene una abertura y una pared que define una superficie interior. La segunda estación de procesamiento está separada de la primera estación de procesamiento y está configurada para procesar un recipiente que tiene una abertura y una pared que define una superficie interior.

10 Al menos algunos, opcionalmente todos, los soportes de recipientes incluyen un puerto de recipientes configurado para recibir y asentar la abertura de un recipiente para procesar la superficie interior de un recipiente asentado a través del puerto de recipientes en la primera estación de procesamiento. El transportador está configurado para transportar una serie de soportes de recipientes y recipientes asentados desde la primera estación de procesamiento hasta la segunda estación de procesamiento para procesar la superficie interior de un recipiente asentado a través del puerto de recipientes en la segunda estación de procesamiento.

II. Soportes de recipientes

II.A. Soporte de recipientes sin mencionar ningún mecanismo de sellado específico

20 El soporte de recipientes portátil del sistema de procesamiento de recipientes puede estar adaptado para sostener un recipiente mientras se reviste la superficie interior del recipiente y se inspecciona en busca de defectos y mientras se transporta el recipiente desde una primera estación de procesamiento hasta una segunda estación de procesamiento del sistema de procesamiento de recipientes, comprendiendo el soporte de recipientes un puerto de recipientes configurado para asentar una abertura del recipiente y para procesar la superficie interior del recipiente asentado a través del puerto de recipientes en la primera estación de procesamiento y en la segunda estación de procesamiento.

25 El soporte de recipientes portátil comprende además, de acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención, un segundo puerto para recibir un suministro de gas o una ventilación externa y un conducto para el paso de gas entre la abertura del recipiente asentado en el puerto del recipiente y el segundo puerto.

De acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención, el soporte de recipientes portátil pesa menos de 2.25 kg.

30 De acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención, el soporte de recipientes portátil comprende además un conducto de vacío y un puerto de vacío exterior para extraer gas del interior del recipiente asentado a través del puerto de recipientes, donde el soporte de recipientes está adaptado para mantener el vacío en el interior del recipiente asentado, de forma que no se requiere ninguna cámara de vacío adicional para procesar el recipiente.

35 De acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención, el soporte de recipientes portátil comprende además un conducto de vacío y un puerto de vacío exterior para extraer gas del interior del recipiente asentado a través del puerto de recipientes, donde el soporte de recipientes está adaptado para mantener el vacío en el interior del recipiente asentado, de forma que no se requiere ninguna cámara de vacío adicional para procesar el recipiente.

De acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención, el puerto de vacío exterior también incorpora un puerto de entrada de gas, contenido dentro del puerto de vacío, para transportar gas al interior del recipiente asentado.

40 De acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención, el procesamiento del recipiente comprende un revestimiento de la superficie interior del recipiente asentado.

De acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención, el soporte de recipientes está hecho esencialmente de material termoplástico.

45 De acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención, el portador de recipientes portátil comprende además una superficie interna cilíndrica para recibir la pared cilíndrica del recipiente, una primera ranura anular en la superficie interna cilíndrica y que es coaxial respecto a esta, una junta tórica dispuesta en la primera ranura anular para proporcionar un sello entre el recipiente asentado en el soporte de recipientes.

De acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención, el portador de recipientes portátil comprende además un tope que se extiende axialmente adyacente a la superficie interna cilíndrica redonda contra la cual se puede fijar el extremo abierto del recipiente asentado.

5 De acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención, el soporte de recipientes portátil comprende además una segunda ranura anular en la superficie interna cilíndrica, que es coaxial respecto a esta y que está separada axialmente de la primera ranura anular. Además, el soporte de recipientes comprende una segunda junta tórica dispuesta en la segunda ranura anular para proporcionar un sello entre el recipiente asentado en el soporte de recipientes.

10 De acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención, el soporte de recipientes portátil comprende además un primer detector para examinar el espacio interior del recipiente a través del puerto de recipientes con el fin de inspeccionar la superficie interior del recipiente asentado en busca de defectos.

De acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención, el soporte de recipientes portátil comprende un molde para formar el recipiente.

De acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención, el sistema de procesamiento de recipientes para revestir un recipiente comprende el soporte de recipientes que se describe anterior y posteriormente.

15 De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, el soporte de recipientes portátil incluye un puerto de recipientes, un segundo puerto, un conducto y una carcasa transportable. El puerto de recipientes está configurado para asentar una abertura del recipiente en una relación de comunicación mutua. El segundo puerto está configurado para recibir un suministro de gas o ventilación externa. El conducto está configurado para el paso de uno o más gases entre una abertura del recipiente asentado en el puerto de recipientes y el segundo puerto. El puerto de recipientes, el segundo puerto y el
20 conducto están unidos en una relación sustancialmente rígida a la carcasa transportable. Opcionalmente, el soporte de recipientes portátil pesa menos de cinco libras.

Otro aspecto de la presente invención es un soporte de recipientes portátil que incluye un puerto de recipientes, un conducto de vacío, un puerto de vacío y una carcasa transportable. El puerto de recipientes está configurado para recibir una
25 abertura del recipiente en una relación de comunicación mutua y sellada. El conducto de vacío está configurado para extraer un gas a través del puerto de recipientes de un recipiente asentado en el puerto de recipientes. El puerto de vacío está configurado para comunicar el conducto de vacío y una fuente de vacío externa. La fuente de vacío puede ser una bomba o un tanque de lastre o reserva con una presión menor que el conducto de vacío. El puerto de recipientes, el conducto de vacío y el puerto de vacío pueden estar unidos en una relación sustancialmente rígida a la carcasa transportable. Opcionalmente, el soporte de recipientes portátil pesa menos de cinco libras.

30 **II.B. Soporte de recipientes que incluye un mecanismo de sellado.**

Otro aspecto más de la invención es un soporte de recipientes para recibir el extremo abierto de un recipiente que tiene un pared sustancialmente cilíndrica adyacente a su extremo abierto. El soporte de recipientes puede tener una superficie interna generalmente cilíndrica (por ejemplo, una superficie interna cilíndrica redonda), una ranura anular y una junta tórica. Se sobreentenderá que en toda la descripción los recipientes que se especifica que tienen aberturas o secciones
35 transversales redondas o circulares son simplemente ejemplos y no limitan el alcance de la descripción o las reivindicaciones. Si el recipiente tiene una abertura o sección transversal que no es redonda, lo cual es habitual, por ejemplo, cuando el recipiente es una cubeta, la superficie cilíndrica "redonda" del soporte de recipientes puede no ser redonda y se puede sellar utilizando un elemento sellante que no es redondo, tal como una junta o un sello conformado para sellar la sección transversal que no es redonda, salvo que se requiera específicamente lo contrario. Además, "cilíndrica" no quiere decir un cilindro de sección redonda y contempla secciones transversales con otras formas, por ejemplo, cuadradas con bordes redondeados.

La superficie interna generalmente cilíndrica tiene la forma adecuada para recibir la pared cilíndrica del recipiente.

45 La ranura anular está dispuesta sobre la superficie interna generalmente cilíndrica y es coaxial respecto a esta. La primera ranura anular tiene una abertura en la superficie interna generalmente cilíndrica y una pared inferior separada radialmente de la superficie interna generalmente cilíndrica.

La junta tórica está dispuesta sobre la primera ranura anular. La junta tórica tiene la forma adecuada, en relación con la primera ranura anular, para normalmente extenderse radialmente a través de la abertura y para ser presionada radialmente hacia afuera por un recipiente recibido por la superficie interna generalmente cilíndrica. Esta instalación forma un sello entre el recipiente y la primera ranura anular.

50 De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, se proporciona un método para revestir e inspeccionar un recipiente, donde se lleva a cabo una primera inspección de la superficie interior del recipiente en busca de defectos después de la cual

se aplica un revestimiento a la superficie interior del recipiente. A continuación, se lleva a cabo una segunda inspección de la superficie interior del recipiente revestido en busca de defectos, seguida de la evaluación de los datos adquiridos durante la primera y la segunda inspección, donde la segunda inspección y la evaluación de los datos requiere menos de 30 segundos.

- 5 De acuerdo con otro aspecto de la invención, se proporciona un método para procesar un recipiente, donde se asienta una
 10 abertura del recipiente en el puerto de recipientes de un soporte de recipientes, después de lo cual se reviste la superficie interior del recipiente a través del puerto de recipientes. A continuación, se inspecciona el revestimiento en busca de defectos a través del puerto de recipientes. Después de lo cual, el recipiente se transporta desde la primera estación de procesamiento hasta una segunda estación de procesamiento, donde el soporte de recipientes sujeta al recipiente asentado durante su revestimiento, inspección y transporte.

III. Métodos para transportar recipientes – procesamiento de recipientes asentados en soportes de recipientes

III.A. Transporte de soportes de recipientes hasta estaciones de procesamiento

- 15 Otro aspecto de la invención es un método para procesar un recipiente. Se proporcionan una primera estación de procesamiento y una segunda estación de procesamiento separada de la primera estación de procesamiento para procesar recipientes. Se proporciona un recipiente que tiene una abertura y una pared que define una superficie interior. Se proporciona un soporte de recipientes que comprende un puerto de recipientes. La abertura del recipiente está asentada sobre el puerto de recipientes. La superficie interior del recipiente asentado se procesa a través del puerto de recipientes en la primera estación de procesamiento. El soporte de recipientes y el recipiente asentado se transportan desde la primera estación de procesamiento hasta la segunda estación de procesamiento. La superficie interior del recipiente asentado se
 20 procesa posteriormente a través del puerto de recipientes en la segunda estación de procesamiento.

III.B. Transporte de dispositivos de procesamiento hacia soportes de recipientes o viceversa.

- Otro aspecto de la invención es un método para procesar un recipiente que incluye varias partes. Se proporcionan un primer dispositivo de procesamiento y un segundo dispositivo de procesamiento para procesar recipientes. Se proporciona un recipiente que tiene una abertura y una pared que define una superficie interior. Se proporciona un soporte de
 25 recipientes que comprende un puerto de recipientes. La abertura del recipiente está asentada sobre el puerto de recipientes.

El primer dispositivo de procesamiento se mueve acoplado funcionalmente al soporte de recipientes o viceversa. La superficie interior del recipiente asentado se procesa a través del puerto de recipientes utilizando el primer dispositivo de procesamiento.

- 30 El segundo dispositivo de procesamiento se mueve posteriormente acoplado funcionalmente al soporte de recipientes o viceversa. La superficie interior del recipiente asentado se procesa a continuación a través del puerto de recipientes utilizando el segundo dispositivo de procesamiento.

III.C. Uso de una herramienta de sujeción para transportar tubos desde y hasta la estación de procesamiento

- 35 Otro aspecto más es un método de tratamiento por deposición química en fase vapor asistida por plasma (PECVD) de un primer recipiente que incluye varias etapas. Se proporciona un primer recipiente que tiene un extremo abierto, un extremo cerrado y una superficie interior. Al menos una primera herramienta de sujeción está configurada para sujetar y liberar selectivamente el extremo cerrado del primer recipiente. El extremo cerrado del primer recipiente se sujeta con la primera herramienta de sujeción y, utilizando la primera herramienta de sujeción, se transporta cerca del soporte de recipientes configurado para asentar el extremo abierto del primer recipiente. A continuación, la primera herramienta de sujeción se
 40 utiliza para hacer que el primer recipiente avance axialmente y asentar su extremo abierto en el soporte de recipientes, de esta forma se establece una comunicación sellada entre el soporte de recipientes y el interior del primer recipiente.

Al menos un reactivo gaseoso se introduce dentro del primer recipiente a través del soporte de recipientes. Se forma plasma dentro del primer recipiente en condiciones efectivas para formar un producto de reacción del reactivo sobre la superficie interior del primer recipiente.

- 45 A continuación se retira el primer recipiente del soporte de recipientes y, usando la primera herramienta de sujeción u otra herramienta de sujeción, se transporta el primer recipiente axialmente lejos del soporte de recipientes. Posteriormente, el primer recipiente se libera de la herramienta de sujeción utilizada para transportarlo axialmente lejos del soporte de recipientes.

IV. Aparato de pecvd para fabricar recipientes

IV.A. Aparato de PECVD que incluye un soporte de recipientes, un electrodo interno y un recipiente como cámara de reacción

De acuerdo con otro aspecto de la invención, se proporciona un aparato de deposición química en fase vapor asistida por plasma (PECVD) para revestir la superficie interior de un recipiente. El aparato de PECVD puede formar parte del sistema de procesamiento de recipientes y comprende un soporte de recipientes, tal como el soporte que se describe anterior y posteriormente, que comprende un puerto de recipientes configurado para recibir y asentar una primera abertura del recipiente para procesar la superficie interior del recipiente asentado a través del puerto de recipientes. Además, el aparato de PECVD comprende un electrodo interno que debe ser introducido en el espacio interior del recipiente asentado y un electrodo externo que tiene una porción interior para recibir el recipiente asentado. Se proporciona también una fuente de alimentación para crear un plasma dentro del recipiente, donde el recipiente asentado y el soporte de recipientes están adaptados para definir una cámara de reacción de plasma.

De acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención, el aparato de PECVD comprende además una fuente de vacío para evacuar el espacio interior del recipiente asentado, donde el puerto de recipientes y el recipiente asentado están adaptados para definir una cámara de vacío.

De acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención, el aparato de PECVD comprende además una alimentación de gas para suministrar un gas reactivo desde una fuente de gas reactivo hasta el espacio interior del recipiente.

De acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención, la alimentación de gas está colocada en una porción distal del electrodo interno.

De acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención, el electrodo interno es una sonda con una porción distal colocada para extenderse concéntricamente respecto al recipiente asentado.

De acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención, el electrodo externo tiene una sección cilíndrica y se extiende concéntricamente respecto al recipiente asentado.

De acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención, el aparato de PECVD comprende además una herramienta de sujeción para sujetar y liberar selectivamente el extremo cerrado del recipiente y, mientras sujeta el extremo cerrado del recipiente, transportar el recipiente cerca del soporte de recipientes.

De acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención, el aparato de PECVD está adaptado para formar un plasma en el espacio interior del recipiente que está sustancialmente exento de plasma de cátodo hueco.

De acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención, el aparato de PECVD comprende además un detector para examinar el espacio interior del recipiente a través del puerto de recipientes con el fin de inspeccionar la superficie interior del recipiente en busca de defectos.

De acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención, el aparato de PECVD comprende además un recipiente de procesamiento que tiene una abertura en el recipiente de procesamiento para conectar con una segunda abertura limitada del recipiente para permitir que un gas reactivo fluya desde el espacio interior del recipiente hasta el recipiente de procesamiento.

De acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención, un extremo distal del electrodo interno está colocado a una distancia que es menos de la mitad de la distancia de la segunda abertura limitada a la primera abertura mayor del recipiente asentado.

De acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención, el extremo distal del electrodo interno está colocado en el exterior de la primera abertura mayor del recipiente asentado.

Además, se proporciona un método para revestir la superficie interior de un recipiente, donde una abertura del recipiente es recibida y asentada en un puerto de recipientes de un soporte de recipientes para procesar la superficie interior del recipiente asentado. Posteriormente, se introduce un electrodo interno dentro del espacio interior del recipiente asentado después de lo cual se coloca una alimentación de gas en la porción distal del electrodo interno. Además, el recipiente asentado se introduce en una porción interior de un electrodo externo. El recipiente asentado en el soporte de recipientes está adaptado para definir una cámara de reacción de plasma.

En particular, una cámara de vacío puede ser definida por el puerto de recipientes y el recipiente asentado, y se extrae gas del espacio interior del recipiente asentado, de forma que no se requiere ninguna cámara de vacío externa para el revestimiento.

En otro paso, se forma un plasma en el espacio interior del recipiente y un material de revestimiento se deposita sobre la superficie interior del recipiente asentado.

5 De acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención, se conecta una abertura del recipiente de procesamiento con una abertura limitada del recipiente para permitir que un gas reactivo fluya desde el espacio interior del recipiente hasta el recipiente de procesamiento.

10 De acuerdo con otro aspecto de la invención, se establece el uso de un aparato de PECVD descrito anterior y posteriormente para fabricar un tubo de extracción de sangre para almacenar sangre, una jeringa para almacenar un compuesto o una composición biológicamente activa, un vial para almacenar un compuesto o una composición biológicamente activa, un catéter para transportar compuestos o composiciones biológicamente activas, o una cubeta como portamuestras de un compuesto o una composición biológicamente activa.

Otro aspecto de la invención es un aparato de PECVD que comprende un soporte de recipientes, un electrodo interno, un electrodo externo y una fuente de alimentación.

15 El soporte de recipientes tiene un puerto para recibir un recipiente en una posición asentada para el procesamiento. El electrodo interno se posiciona para ser introducido en un recipiente asentado en un soporte de recipientes. El electrodo externo tiene una porción interior posicionada para recibir un recipiente asentado en el soporte de recipientes. La fuente de alimentación suministra corriente alterna al electrodo interno y externo para formar un plasma en el recipiente asentado en el soporte de recipientes. El recipiente define una cámara de reacción de plasma.

20 Incluso otro aspecto de la invención es un aparato de PECVD descrito en los párrafos anteriores, donde se proporciona una salida de gas, que no incluye necesariamente una fuente de vacío, para transferir el gas desde y hasta el interior de un recipiente asentado en el puerto para definir una cámara cerrada.

IV.B. Aparato de PECVD que utiliza una herramienta de sujeción para transportar tubos desde y hacia una estación de revestimiento

25 Otro aspecto de la invención es un aparato para el tratamiento por PECVD de un primer recipiente que tiene un extremo abierto, un extremo cerrado y un espacio interior. El aparato incluye un soporte de recipientes, una primera herramienta de sujeción, un asiento en el soporte de recipientes, un suministro de reactivo, un generador de plasma y un mecanismo de liberación de recipientes.

30 El soporte de recipientes está configurado para asentar el extremo abierto de un recipiente. La primera herramienta de sujeción está configurada para sujetar y liberar selectivamente el extremo cerrado de un recipiente y, mientras sujeta el extremo cerrado del recipiente, transportar el recipiente hasta situarlo cerca del soporte de recipientes. El soporte de recipientes tiene un asiento configurado para establecer una comunicación sellada entre el soporte de recipientes y el espacio interior del primer recipiente.

35 El suministro de reactivo está conectado operativamente para introducir al menos un reactivo gaseoso en el primer recipiente a través del soporte de recipientes. El generador de plasma está configurado para formar plasma dentro del primer recipiente en condiciones efectivas para formar un producto de reacción del reactivo sobre la superficie interior del primer recipiente.

El mecanismo de liberación de recipientes se proporciona para liberar el primer recipiente del soporte de recipientes. Una herramienta de sujeción que es la primera herramienta de sujeción u otra herramienta de sujeción está configurada para transportar el primer recipiente axialmente lejos del soporte de recipientes y posteriormente liberar el primer recipiente.

V. Métodos de PECVD

40 De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, se proporciona un método para revestir (y/o inspeccionar) la superficie interior de un recipiente, donde una abertura del recipiente es recibida y asentada en un soporte de recipientes para procesar la superficie interior del recipiente asentado. Cabe destacar que el término procesar se puede referir a una etapa de revestimiento o varias etapas de revestimiento o incluso a una serie de etapas de revestimiento e inspección.

45 Además, se lleva a cabo un primer procesamiento de la superficie interior del recipiente asentado a través del puerto de recipientes del soporte de recipientes en una primera estación de procesamiento. Posteriormente, se transportan el soporte de recipientes y el recipiente asentado hasta una segunda estación de procesamiento después del primer procesamiento en la primera estación de procesamiento. Posteriormente, en la segunda estación de procesamiento, se lleva a cabo un segundo procesamiento de la superficie interior del recipiente asentado a través del puerto de recipientes del soporte de recipientes.

V.A. PECVD para aplicar un revestimiento de barrera de SiO_x utilizando plasma que está sustancialmente exento de plasma de cátodo hueco

Otro aspecto de la invención es un método para aplicar un revestimiento de barrera de SiO_x, donde x en esta fórmula es de aproximadamente 1.5 a aproximadamente 2.9, como alternativa de aproximadamente 1.5 a aproximadamente 2.6, como alternativa de aproximadamente 2, sobre una superficie, preferentemente sobre el interior de un recipiente. El método incluye varias etapas.

Se proporciona una superficie, p. ej., la pared de un recipiente, así como también una mezcla de reacción que comprende un gas formador de plasma, es decir, un compuesto organosilícico gaseoso, opcionalmente un gas oxidante y, opcionalmente, un hidrocarburo gaseoso.

Se forma plasma en la mezcla de reacción que está sustancialmente exenta de plasma de cátodo hueco. La pared del recipiente se pone en contacto con la mezcla de reacción y el revestimiento de SiO_x se deposita sobre al menos una porción de la pared del recipiente.

V.B. Revestimiento por PECVD de la abertura limitada de un recipiente (capilar de jeringa)

Otro aspecto de la invención es un método para revestir una superficie interna de una abertura limitada de un recipiente generalmente tubular que debe ser procesado por PECVD. El método incluye las siguientes etapas.

Se proporciona un recipiente generalmente tubular que debe ser procesado. El recipiente incluye una superficie externa, una superficie interna que define una cavidad, una abertura más grande con un diámetro interno y una abertura limitada definida por una superficie interna y que tiene un diámetro interno más pequeño que el diámetro interno de la abertura más grande.

Se proporciona un recipiente de procesamiento con una cavidad y una abertura en el recipiente de procesamiento. La abertura del recipiente de procesamiento está conectada con la abertura limitada del recipiente para establecer una comunicación entre la cavidad del recipiente que se ha de procesar y la cavidad del recipiente de procesamiento a través de la abertura limitada.

Se crea al menos un vacío parcial en la cavidad del recipiente que se ha de procesar y la cavidad del recipiente de procesamiento. Se introduce un reactivo de PECVD a través de la primera abertura, pasando por la cavidad del recipiente que se ha de procesar y después a través de la abertura limitada hasta la cavidad del recipiente de procesamiento. Se genera plasma junto a la abertura limitada en condiciones efectivas para depositar un revestimiento de un producto de reacción de PECVD en la superficie interna de la abertura limitada.

V.C. Método para aplicar un revestimiento lubricante

Otro aspecto más de la invención es un método para aplicar un revestimiento lubricante sobre un sustrato. El método se lleva a cabo como se indica a continuación.

Se proporciona un precursor. El precursor es preferentemente un compuesto organosilícico, más preferentemente un siloxano lineal, un siloxano monocíclico, un siloxano policíclico, un polisilsesquioxano o una combinación de dos o más cualesquiera de estos precursores. También se contemplan otros precursores, p. ej., precursores organometálicos que contienen metales del grupo III y IV del sistema periódico. El precursor se aplica a un sustrato en condiciones efectivas para formar un revestimiento. El revestimiento se polimeriza o reticula, o ambos, para formar una superficie lubricada con una "fuerza de deslizamiento" o "fuerza de arranque del émbolo" menor, como se define en esta descripción, que el sustrato sin tratar.

VI. Inspección del recipiente**VI.A. Procesamiento del recipiente que incluye la inspección prerrevestimiento y posrevestimiento**

Incluso otro aspecto de la invención es un método de procesamiento de recipientes para procesar un recipiente de plástico que tiene una abertura y una pared que define una superficie interior. El método se lleva a cabo inspeccionando la superficie interior del recipiente obtenido en busca de defectos; aplicando un revestimiento sobre la superficie interior del recipiente después de inspeccionar el recipiente obtenido; e inspeccionando el revestimiento en busca de defectos.

Otro aspecto de la invención es un método de procesamiento de recipientes en el cual se aplica un revestimiento de barrera al recipiente después de inspeccionar el recipiente moldeado y la superficie interior del recipiente se inspecciona en busca de defectos después de aplicar un revestimiento de barrera.

VI.B. Inspección del recipiente mediante la detección de desgasificación de la pared del envase, por ejemplo, a través de capa de barrera

- Otro aspecto es un método para inspeccionar un revestimiento midiendo la desgasificación de una especie volátil del artículo revestido ("método de desgasificación"). Dicho método puede utilizarse para inspeccionar el producto de un proceso de revestimiento donde se ha aplicado un revestimiento sobre la superficie de un sustrato para formar una superficie revestida. En particular, el método puede utilizarse como un control del proceso en línea para un proceso de revestimiento a efectos de identificar y eliminar productos revestidos que no cumplen con un estándar predeterminado o productos revestidos defectuosos.
- Generalmente, la "especie volátil" es un gas o vapor en condiciones de prueba, preferentemente se selecciona del grupo conformado por aire, nitrógeno, oxígeno, vapor de agua, componentes de revestimiento volátiles, componentes de sustrato volátiles y una combinación de estos, más preferentemente es aire, nitrógeno, oxígeno, vapor de agua o una combinación de estos. El método se puede utilizar para medir solo una o algunas especies volátiles, pero preferentemente se mide una pluralidad de especies volátiles diferentes en la etapa (c) y más preferentemente se miden sustancialmente todas las especies volátiles liberadas por el objeto de inspección en la etapa (c).
- El método de desgasificación comprende las siguientes etapas:
- (a) proporcionar el producto como objeto de inspección;
 - (c) medir la liberación de al menos una especie volátil del objeto de inspección en el espacio gaseoso adyacente a la superficie revestida; y
 - (d) comparar el resultado de la etapa (c) con el resultado de la etapa (c) para al menos un objeto de referencia medido en las mismas condiciones de prueba, de esta forma se determina la presencia o ausencia del revestimiento y/o una propiedad física y/o química del revestimiento.
- En dicho método de desgasificación, la propiedad física y/o química del revestimiento que se determinará puede seleccionarse del grupo conformado por su efecto de barrera, su humectabilidad y su composición, y es preferentemente su efecto de barrera.
- Convenientemente, la etapa (c) se lleva a cabo midiendo la tasa de flujo másico o tasa de flujo volumétrico de al menos una especie volátil en el espacio gaseoso adyacente a la superficie revestida.
- Preferentemente, el objeto de referencia (i) es un sustrato sin revestir; o (ii) es un sustrato revestido con un revestimiento de referencia. Esto dependerá, por ejemplo, de si el método de desgasificación se emplea para determinar la presencia o ausencia de un revestimiento (entonces el objeto de referencia puede ser un sustrato sin revestir) o para determinar las propiedades del revestimiento, por ejemplo, en comparación con un revestimiento con propiedades conocidas. Para determinar la identidad del revestimiento con un revestimiento específico, el revestimiento de referencia será también una elección típica.
- El método de desgasificación también puede comprender, como una etapa adicional entre las etapas (a) y (c), la etapa (b) que consiste en cambiar la presión atmosférica en el espacio ocupado por gas adyacente a la superficie revestida de modo que se obtiene una diferencia de presión a través de la superficie revestida y se puede producir una tasa de flujo másico o tasa de flujo volumétrico más alta de la especie volátil que sin la diferencia de presión. En este caso, la especie volátil migrará en la dirección del lado menor de la diferencia de presión. Si el objeto revestido es un recipiente, la diferencia de presión se establece entre la cavidad del recipiente y el exterior para medir la desgasificación de las especies volátiles de la pared del recipiente revestido. La diferencia de presión puede obtenerse, por ejemplo, vaciando al menos parcialmente el espacio gaseoso en el recipiente. En este caso, puede medirse la especie volátil que se desgasifica en la cavidad del recipiente.
- Si se aplica el vacío para crear una diferencia de presión, la medida puede llevarse a cabo usando una celda de medida interpuesta entre la superficie revestida del sustrato y una fuente de vacío.
- En un aspecto, el objeto de inspección puede ponerse en contacto con una especie volátil en la etapa (a), preferentemente una especie volátil seleccionada del grupo conformado por aire, nitrógeno, oxígeno, vapor de agua y una combinación de estos, preferentemente para permitir la adsorción o absorción de dicha especie volátil sobre o en el material del objeto de inspección. A continuación, se mide la liberación posterior de dicha especie volátil del objeto de inspección en la etapa (c). Debido a que materiales diferentes (como, por ejemplo, el revestimiento y el sustrato) tienen diferentes características de adsorción y absorción, esto puede simplificar la determinación de la presencia y las características de un revestimiento.
- El sustrato puede ser un compuesto polimérico, preferentemente es un poliéster, una poliolefina, un copolímero cicloolefínico, un policarbonato o una combinación de estos.

5 En el contexto de la presente invención, el revestimiento caracterizado por el método de desgasificación suele ser un revestimiento preparado mediante PECVD a partir de, por ejemplo, un precursor organosilícico como los descritos en la presente. En aspectos particulares de la invención, (i) el revestimiento es un revestimiento de barrera, preferentemente es una capa de SiO_x donde x es de aproximadamente 1.5 a aproximadamente 2.9; y/o (ii) el revestimiento es un revestimiento que modifica la lubricidad y/o humectabilidad del sustrato revestido, preferentemente es una capa de $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$, donde w es 1, x es de aproximadamente 0.5 a 2.4, y es de aproximadamente 0.6 a aproximadamente 3, y z es de 2 a aproximadamente 9.

10 Cuando el proceso de revestimiento cuyo producto se inspecciona mediante el método de desgasificación es un revestimiento por PECVD llevado a cabo en condiciones de vacío, la medida de la desgasificación posterior puede llevarse a cabo sin romper el vacío usado para PECVD.

15 La especie volátil medida puede ser una especie volátil liberada por el revestimiento, una especie volátil liberada por el sustrato o una combinación de ambas. En un aspecto, la especie volátil es una especie volátil liberada por el revestimiento, preferentemente es un componente del revestimiento volátil y la inspección se lleva a cabo para determinar la presencia, las propiedades y/o la composición del revestimiento. En otro aspecto, la especie volátil es una especie volátil liberada por el sustrato y la inspección se lleva a cabo para determinar la presencia del revestimiento y/o el efecto de barrera del revestimiento.

20 El método de desgasificación es particularmente adecuado para determinar la presencia y las características de un revestimiento aplicado sobre una pared de un recipiente. Por consiguiente, el sustrato revestido puede ser un recipiente que tiene una pared cuya superficie interna o externa se reviste al menos parcialmente durante el proceso de revestimiento. Por ejemplo, el revestimiento se dispone sobre la superficie interna de la pared del recipiente.

25 Las condiciones efectivas para distinguir la presencia o ausencia del revestimiento y/o para determinar una propiedad física y/o química del revestimiento pueden incluir una prueba con una duración menor de una hora o menor de un minuto, o menor de 50 segundos, o menor de 40 segundos, o menor de 30 segundos, o menor de 20 segundos, o menor de 15 segundos, o menor de 10 segundos, o menor de 8 segundos, o menor de 6 segundos, o menor de 4 segundos, o menor de 3 segundos, o menor de 2 segundos, o menor de 1 segundo.

Para aumentar la diferencia entre el objeto de referencia y el objeto de inspección con respecto a la tasa de liberación y/o tipo de la especie volátil medida, la tasa de liberación de la especie volátil puede modificarse modificando la presión y/o temperatura y/o humedad ambiental.

30 En un aspecto específico, la desgasificación se mide empleando una técnica de medida con una microménsula. Por ejemplo, la medida puede llevarse a cabo como se indica a continuación:

(a) proporcionando al menos una microménsula que tiene la capacidad, cuando está en presencia de un material desgasificado, de moverse o cambiar de forma;

exponiendo la microménsula al material desgasificado en condiciones efectivas para provocar que la microménsula se mueva o cambie de forma; y

35 detectando el movimiento o el cambio de forma, preferentemente reflejando un haz incidente energético, por ejemplo, un haz de láser, de una porción de la microménsula que cambia de forma antes y después de exponer la microménsula a la desgasificación, y midiendo la deflexión resultante del haz reflejado en un punto separado de la ménsula; o

(a) proporcionando al menos una microménsula que resuena a una frecuencia diferente cuando está en presencia de un material desgasificado;

40 (b) exponiendo la microménsula al material desgasificado en condiciones efectivas para provocar que la microménsula resuene a una frecuencia diferente; y

detectando la frecuencia de resonancia diferente, por ejemplo, usando un sensor de vibración armónica.

También se considera emplear un aparato para llevar a cabo el método de desgasificación, por ejemplo, un aparato que comprende una microménsula tal como se describió anteriormente.

45 Utilizando el método de desgasificación puede inspeccionarse, por ejemplo, una capa de barrera aplicada sobre un material que desgasifica un vapor, donde el método de inspección tiene varias etapas. Se proporciona una muestra de material que desgasifica un gas y tiene al menos una capa de barrera parcial. En un aspecto específico de la invención, se proporciona una diferencia de presión a través de la capa de barrera, de modo que al menos parte del material que se desgasifica se encuentra en el lado de presión más alta de la capa de barrera. Se mide el gas desgasificado que pasa a través de la capa

de barrera. Si existe una diferencia de presión, la medida se lleva a cabo opcionalmente sobre el lado de presión más baja de la capa de barrera.

VII. Recipientes tratados mediante PECVD

VII.A.1.a.i. Revestimiento hidrófobo depositado de un precursor organosilícico

5 Otro aspecto es un revestimiento hidrófobo depositado de un precursor organosilícico, p. ej., en un recipiente con un revestimiento hidrófobo sobre la pared interior. El revestimiento es del tipo preparado mediante las siguientes etapas.

10 Se proporciona un precursor que es un compuesto organometálico, preferentemente un compuesto organosilícico, más preferentemente un compuesto seleccionado de un grupo conformado por un siloxano lineal, un siloxano monocíclico, un siloxano policíclico, un polisilsesquioxano, un alquiltrimetoxisilano, un silazano lineal, un silazano monocíclico, un silazano policíclico, un polisilsesquiazano, o una combinación de dos o más cualesquiera de estos precursores. Como alternativa, se pueden considerar compuestos organometálicos que contienen un metal del grupo III o IV como precursores.

El precursor se aplica a un sustrato en condiciones efectivas para formar un revestimiento. El revestimiento se polimeriza o reticula, o ambos, para formar una superficie hidrófoba con un ángulo de contacto superior que el sustrato sin tratar.

15 El revestimiento resultante puede tener la fórmula molecular: $Si_wO_xC_yH_z$, donde w es 1, x es de aproximadamente 0.5 a aproximadamente 2.4, y es de aproximadamente 0.6 a aproximadamente 3, y z es de aproximadamente 2 a aproximadamente 9, preferentemente donde w es 1, x es de aproximadamente 0.5 a 1, y es de aproximadamente 2 a aproximadamente 3, y z es de aproximadamente 6 a aproximadamente 9.

20 Los valores de w, x, y y z utilizados en esta descripción deben interpretarse como proporciones en una fórmula empírica (p. ej., para un revestimiento), en vez de como un límite de la cantidad de átomos en una molécula. Por ejemplo, octametilciclotetrasiloxano, de fórmula molecular $Si_4O_4C_8H_{24}$, puede describirse mediante la siguiente fórmula empírica [expresión modificada por nosotros], que se obtiene dividiendo cada uno de w, x, y y z en la fórmula molecular entre 4, el máximo común divisor: $Si_1O_1C_2H_6$. Los valores de w, x, y y z tampoco están limitados a números enteros. Por ejemplo, octametiltrisiloxano (acíclico), de fórmula molecular $Si_3O_2C_8H_{24}$, se puede reducir a $Si_1O_{0.67}C_{2.67}H_8$.

25 VII.A.1.b. Tubo de sangre con citrato que tiene una pared revestida con una capa hidrófoba depositada de un precursor organosilícico

Otro aspecto es un tubo de preparación de células que tiene una pared provista de un revestimiento hidrófobo y que contiene un reactivo de citrato de sodio acuoso.

La pared está hecha de material termoplástico con una superficie interna que define una cavidad.

30 El revestimiento hidrófobo se proporciona sobre la superficie interna del tubo. El revestimiento hidrófobo se prepara proporcionando un compuesto organometálico, preferentemente un compuesto organosilícico, más preferentemente un compuesto seleccionado de un grupo conformado por un siloxano lineal, un siloxano monocíclico, un siloxano policíclico, un polisilsesquioxano, un alquiltrimetoxisilano, un silazano lineal, un silazano monocíclico, un silazano policíclico, un polisilsesquiazano, o una combinación de dos o más cualesquiera de estos precursores. Se utiliza PECVD para formar un revestimiento sobre la superficie interna. El revestimiento resultante puede tener la estructura: $Si_wO_xC_yH_z$, donde w es 1, x es de aproximadamente 0.5 a aproximadamente 2.4, y es de aproximadamente 0.6 a aproximadamente 3, y z es de aproximadamente 2 a aproximadamente 9, preferentemente donde w es 1, x es de aproximadamente 0.5 a 1, y es de aproximadamente 2 a aproximadamente 3, y z es de 6 a aproximadamente 9.

40 Se introduce una cantidad efectiva del reactivo de citrato sódico acuoso en la cavidad del tubo para inhibir la coagulación de la sangre introducida en el tubo.

VII.A.1.c. Recipiente plástico de pared doble revestido con una barrera de SiO_x – capas de COC, PET, SiO_x

45 Otro aspecto es un recipiente que tiene una pared que contiene al menos parcialmente una cavidad. La pared tiene una capa polimérica interior contenida en una capa polimérica exterior. Una de las capas poliméricas es una capa de al menos de 0.1 mm de espesor de una resina copolimérica cicloolefínica (COC) que define una barrera contra el vapor de agua. Otra de las capas poliméricas es una capa de al menos 0.1 mm de espesor de una resina de poliéster.

La pared incluye una capa de barrera de oxígeno de SiO_x , en la que x en esta fórmula es de aproximadamente 1.5 a aproximadamente 2.9, como alternativa de aproximadamente 1.5 a aproximadamente 2.6, como alternativa aproximadamente 2, con un espesor de aproximadamente 10 a aproximadamente 500 Angstroms.

VII.A.1.d. Método de preparación de un recipiente plástico de pared doble – capas de COC, PET, SiO_x

Otro aspecto es un método de preparación de un recipiente que tiene una pared con una capa polimérica interior contenida en una capa polimérica exterior, una capa hecha de COC y la otra de poliéster. El recipiente se fabrica mediante un proceso que incluye introducir capas de resina de COC y poliéster en un molde de inyección a través de boquillas de inyección concéntricas.

Una etapa adicional opcional consiste en aplicar un revestimiento de carbono amorfo al recipiente por PECVD, como un revestimiento interno y un revestimiento externo o como un revestimiento intermedio ubicado entre las dos capas.

Una etapa adicional opcional consiste en aplicar una capa de barrera de SiO_x al interior de la pared del recipiente, donde SiO_x se define como anteriormente. Otra etapa adicional opcional consiste en el postratamiento de la capa de SiO_x con un gas de proceso que consiste esencialmente en oxígeno y está esencialmente exento de un compuesto de silicio volátil.

Opcionalmente, el revestimiento de SiO_x puede formarse al menos parcialmente a partir de un gas de alimentación de silazano.

VII.A.1.e. Revestimiento de barrera hecho de vidrio

Otro aspecto es un recipiente que incluye un recipiente, un revestimiento de barrera y un cierre. El recipiente es generalmente tubular y está hecho de material termoplástico. El recipiente tiene una boca y una cavidad unidas al menos en parte por una pared que tiene una superficie interna interconectada con la cavidad. Hay al menos un revestimiento de barrera esencialmente continuo hecho de vidrio sobre la superficie interna de la pared. Un cierre cubre la boca y aísla la cavidad del recipiente del aire ambiental.

Un aspecto relacionado es un recipiente como se describe en el párrafo anterior, en el cual el revestimiento de barrera está hecho de vidrio de soda cálcica, vidrio de borosilicato u otro tipo de vidrio.

VII.A.2. Tapones**VII.A.2.a. Método de aplicación de un revestimiento lubricante sobre un tapón en una cámara de vacío**

Otro aspecto es un método de aplicación de un revestimiento, por ejemplo, un revestimiento lubricante como el definido anteriormente, sobre un tapón elastomérico. Por ejemplo, el tapón se encuentra en una cámara sustancialmente al vacío. Se proporciona una mezcla de reacción que incluye gas formador de plasma, es decir, un compuesto organosilícico gaseoso, opcionalmente un gas oxidante y, opcionalmente, un hidrocarburo gaseoso. Se forma plasma en la mezcla de reacción, la cual se pone en contacto con el tapón. Se deposita sobre al menos una porción del tapón un revestimiento lubricante, p. ej., un revestimiento de Si_wO_xC_yH_z, preferentemente donde w es 1, x en esta fórmula es de aproximadamente 0.5 a 2.4, y es de aproximadamente 0.6 a aproximadamente 3, y z es de 2 a aproximadamente 9, preferentemente donde w es 1, x es de aproximadamente 0.5 a 1, y es de aproximadamente 2 a aproximadamente 3, y z es de 6 a aproximadamente 9.

VII.A.2.b. Aplicación por PECVD de un revestimiento de un elemento del grupo III o IV y carbono sobre un tapón

Otro aspecto es un método de aplicación de un revestimiento de una composición que incluye carbono y uno o más elementos de los grupos III o IV sobre un tapón elastomérico. Para llevar a cabo el método, se introduce un tapón en una cámara de deposición.

Se introduce una mezcla de reacción en la cámara de deposición, que incluye un gas formador de plasma con una fuente gaseosa de un elemento del grupo III (por ejemplo, Al), un elemento del grupo IV (por ejemplo, Si, Sn) o una combinación de dos o más de estos. La mezcla de reacción contiene opcionalmente un gas oxidante y contiene opcionalmente un compuesto gaseoso con uno o más enlaces C-H. Se forma plasma en la mezcla de reacción y el tapón se pone en contacto con la mezcla de reacción. Se deposita un revestimiento de un elemento o compuesto del grupo III, un elemento o compuesto del grupo IV o una combinación de dos o más de estos sobre al menos una porción del tapón.

VII.A.3. Recipiente de plástico tapado con un revestimiento de barrera efectivo para proporcionar el 95% de retención del vacío durante 24 meses

Otro aspecto es un recipiente que incluye un recipiente, un revestimiento de barrera y un cierre. El recipiente es generalmente tubular y está hecho de material termoplástico. El recipiente tiene una boca y una cavidad unidas al menos en parte por una pared. La pared tiene una superficie interna que se interconecta con la cavidad. Se aplica un recubrimiento de barrera al menos esencialmente continuo sobre la superficie interna de la pared. El revestimiento de barrera es efectivo para mantener dentro del recipiente al menos el 90% de su nivel de vacío inicial, opcionalmente el 95% de su nivel de vacío

inicial, durante una vida útil de al menos 24 meses. Se proporciona un cierre que cubre la boca del recipiente y aísla la cavidad del recipiente del aire ambiental.

VII.B.1.a. Jeringa con cilindro revestido con un revestimiento lubricante depositado de un precursor organometálico

Otro aspecto más es un recipiente con un revestimiento lubricante hecho de un precursor organosilícico. También se puede contemplar un precursor organometálico diferente al definido en la presente.

El revestimiento puede ser del tipo preparado mediante el siguiente proceso.

Se proporciona un precursor que es un precursor organometálico, preferentemente un precursor organosilícico, más preferentemente un siloxano lineal, un siloxano monocíclico, un siloxano policíclico, un polisilsesquioxano, un silazano lineal, un silazano monocíclico, un silazano policíclico, un polisilsesquiazano, o una combinación de dos o más cualesquiera de estos precursores.

El precursor se aplica a un sustrato en condiciones efectivas para formar un revestimiento. El revestimiento se polimeriza o reticula, o ambos, para formar una superficie lubricada con una fuerza de deslizamiento o fuerza de arranque del émbolo menor que el sustrato sin tratar.

Otro aspecto es una jeringa que incluye un émbolo, un cilindro de jeringa y una capa lubricante. El cilindro de jeringa tiene una superficie interior por la cual se desliza el émbolo. La capa lubricante se dispone sobre la superficie interior del cilindro de jeringa e incluye un revestimiento de una capa lubricante de $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$ hecha de precursor organosilícico como el definido en esta descripción. La capa lubricante tiene un espesor menor de 1000 nm y es efectiva para reducir la fuerza de arranque o la fuerza de deslizamiento del émbolo necesaria para mover el émbolo dentro del cilindro.

Otro aspecto es un revestimiento lubricante de la pared interna de un cilindro de jeringa. El revestimiento se produce mediante un proceso de PECVD utilizando los siguientes materiales y condiciones. Se emplea un precursor cíclico seleccionado entre un siloxano monocíclico, un siloxano policíclico o una combinación de dos o más de estos. Al menos no se añade esencialmente oxígeno al proceso. Se proporciona suficiente potencia de entrada para generar plasma con el fin de inducir la formación de un revestimiento. Los materiales y las condiciones empleadas son efectivos para reducir la fuerza de deslizamiento o la fuerza de arranque del émbolo de jeringa que se mueve a través del cilindro de jeringa al menos un 25 por ciento con respecto a un cilindro de jeringa sin revestir.

El revestimiento resultante puede tener la fórmula: $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$, donde w es 1, x es de aproximadamente 0.5 a aproximadamente 2.4, y es de aproximadamente 0.6 a aproximadamente 3, y z es de aproximadamente 2 a aproximadamente 9, preferentemente donde w es 1, x es de aproximadamente 0.5 a 1, y es de aproximadamente 2 a aproximadamente 3, y z es de aproximadamente 6 a aproximadamente 9.

VII.B.1.a.i. Revestimiento lubricante: barrera de SiO_x , capa lubricante, tratamiento de la superficie

Otro aspecto es una jeringa que comprende un cilindro que define una cavidad y que tiene una superficie interior por la cual se desliza el émbolo. El cilindro de jeringa está hecho de material base termoplástico. Se aplica un revestimiento lubricante, p. ej., a la superficie interior del cilindro, al émbolo o a ambos mediante PECVD. El revestimiento lubricante puede estar hecho de un precursor organosilícico y puede tener un espesor menor de 1000 nm. Se lleva a cabo un tratamiento de la superficie sobre el revestimiento lubricante en una cantidad efectiva para reducir fugas del revestimiento lubricante, el material base termoplástico o ambos a la cavidad, es decir, efectivo para formar un elemento de retención de soluto sobre la superficie. El revestimiento lubricante y el elemento de retención de soluto están compuestos y presentes en cantidades relativas de forma que sean efectivas para proporcionar una fuerza de arranque, una fuerza de deslizamiento del émbolo o ambas, inferior(es) a la fuerza correspondiente necesaria en ausencia del revestimiento lubricante y el elemento de retención de soluto.

VII.B.1.b Jeringa con un cilindro cuyo interior tiene un revestimiento de SiO_x y cuyo exterior tiene un revestimiento de barrera

Otro aspecto más es un cilindro de jeringa que incluye un émbolo, un cilindro y un revestimiento de barrera interior y exterior. El cilindro está hecho de material base termoplástico que define una cavidad. El cilindro tiene una superficie interior por la cual se desliza el émbolo y una superficie exterior. Se proporciona un revestimiento de barrera de SiO_x , donde x en esta fórmula es de aproximadamente 1.5 a aproximadamente 2.9, como alternativa de aproximadamente 1.5 a aproximadamente 2.6, como alternativa de aproximadamente 2, sobre la superficie interior del cilindro. Se proporciona un revestimiento de barrera de una resina sobre la superficie exterior del cilindro.

VII.B.1.c Método de preparación de una jeringa que tiene un cilindro con el interior revestido con SiO_x y el exterior revestido con una barrera

Incluso otro aspecto es un método de preparación de una jeringa que incluye un émbolo, un cilindro y un revestimiento de barrera interior y exterior. Se proporciona un cilindro con una superficie interior por la cual se desliza el émbolo y una superficie exterior. Se proporciona un revestimiento de barrera de SiO_x , donde x en esta fórmula es de aproximadamente 1.5 a aproximadamente 2.9, como alternativa de aproximadamente 1.5 a aproximadamente 2.6, como alternativa de aproximadamente 2, sobre la superficie interior del cilindro mediante PECVD. Se proporciona un revestimiento de barrera de una resina sobre la superficie exterior del cilindro. El émbolo y cilindro se ensamblan para proporcionar una jeringa.

VII.B.2. Émbolos

VII.B.2.a. Con la cara frontal del pistón revestida con una barrera

Otro aspecto es un émbolo para una jeringa, que incluye un pistón y una varilla de empuje. El pistón tiene una cara frontal, una cara lateral generalmente cilíndrica y una porción trasera, estando configurada la cara lateral para asentarse con movilidad dentro de un cilindro de jeringa. La cara frontal tiene un revestimiento de barrera. La varilla de empuje está acoplada a la porción trasera y está configurada para hacer avanzar el pistón en un cilindro de jeringa.

VII.B.2.b. Con revestimiento lubricante interconectado con la cara lateral

Otro aspecto más es un émbolo para una jeringa, que incluye un pistón, un revestimiento lubricante y una varilla de empuje. El pistón tiene una cara frontal, una cara lateral generalmente cilíndrica y una porción trasera. La cara lateral está configurada para asentarse con movilidad dentro de un cilindro de jeringa. El revestimiento lubricante está interconectado con la cara lateral. La varilla de empuje está acoplada a la porción trasera del pistón y está configurada para hacer avanzar el pistón en un cilindro de jeringa.

VII.B.3. Jeringa de dos piezas y conector de tipo Luer

Otro aspecto es una jeringa que incluye un émbolo, un cilindro de jeringa y un conector de tipo Luer. El cilindro de jeringa incluye una superficie interior por la cual se desliza el émbolo. El conector de tipo Luer incluye un ajuste cónico de tipo Luer con un paso interno definido por una superficie interna. El conector de tipo Luer se forma como una pieza separada del cilindro de jeringa y unida al cilindro de jeringa por acoplamiento. El paso interno del ajuste cónico de tipo Luer tiene un revestimiento de barrera de SiO_x , donde x en esta fórmula es de aproximadamente 1.5 a aproximadamente 2.9, como alternativa de aproximadamente 1.5 a aproximadamente 2.6, como alternativa aproximadamente 2.

VII.B.4. Revestimiento lubricante obtenido polimerizando un precursor organosilícico *in situ*

VII.B.4.a. Producto obtenido mediante el proceso y lubricidad

Otro aspecto más es un revestimiento lubricante hecho de un precursor organosilícico. Este revestimiento es del tipo preparado mediante el siguiente proceso.

Se proporciona un precursor seleccionado entre un precursor organometálico, preferentemente un precursor organosilícico, preferentemente un siloxano lineal, un siloxano monocíclico, un siloxano policíclico, un polisilsesquioxano, un silazano lineal, un silazano monocíclico, un silazano policíclico, un polisilsesquiazano, o una combinación de dos o más cualesquiera de estos precursores. El precursor se aplica a un sustrato en condiciones efectivas para formar un revestimiento. El revestimiento se polimeriza o reticula, o ambos, para formar una superficie lubricada con una fuerza de deslizamiento o fuerza de arranque del émbolo menor que el sustrato sin tratar.

El revestimiento resultante puede tener la estructura: $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$, donde w es 1, x es de aproximadamente 0.5 a aproximadamente 2.4, y es de aproximadamente 0.6 a aproximadamente 3, y z es de aproximadamente 2 a aproximadamente 9, preferentemente donde w es 1, x es de aproximadamente 0.5 a 1, y es de aproximadamente 2 a aproximadamente 3, y z es de aproximadamente 6 a aproximadamente 9.

VII.B.4.b. Producto obtenido mediante el proceso y propiedades analíticas

Incluso otro aspecto es un revestimiento lubricante depositado mediante PECVD de un precursor organometálico, preferentemente un precursor organosilícico, más preferentemente de un siloxano lineal, un siloxano monocíclico, un siloxano policíclico, un polisilsesquioxano, un silazano lineal, un silazano monocíclico, un silazano policíclico, un polisilsesquiazano, o una combinación de dos o más cualesquiera de estos precursores. El revestimiento tiene una densidad de entre 1.25 y 1.65 g/cm³ determinada mediante reflectividad de rayos X (XRR).

También se puede contemplar el uso de un precursor organometálico que contiene un metal del grupo III, es decir, boro, aluminio, galio, indio, talio, escandio, itrio o lantano, o grupo IV, es decir, silicio, germanio, estaño, plomo, titanio, zirconio, hafnio, torio, o combinaciones de dos o más de estos. También se pueden contemplar otros compuestos orgánicos volátiles. Sin embargo, se prefieren compuestos organosilícicos para llevar a cabo el método.

Otro aspecto más es un revestimiento lubricante depositado mediante PECVD de un gas de alimentación que comprende un precursor organometálico, preferentemente un precursor organosilícico, más preferentemente de un siloxano lineal, un siloxano monocíclico, un siloxano policíclico, un polisilsesquioxano, un silazano lineal, un silazano monocíclico, un silazano policíclico, un polisilsesquiazano, o una combinación de dos o más cualesquiera de estos precursores. También se puede contemplar el uso de un precursor que contiene un metal de los grupos III o IV.

El revestimiento tiene un componente de desgasificación, uno o más oligómeros que contienen restos de $-(Me)_2SiO-$ repetidos, según se determina por medio de cromatografía de gases/espectrometría de masas. Opcionalmente, el revestimiento cumple las limitaciones de cualquiera de las realizaciones VII.B.4.a o VII.B.4.b.

Otro aspecto más es un revestimiento lubricante depositado mediante PECVD de un gas de alimentación que comprende un precursor organometálico, preferentemente un precursor organosilícico, más preferentemente de un siloxano lineal, un siloxano monocíclico, un siloxano policíclico, un polisilsesquioxano, un silazano lineal, un silazano monocíclico, un silazano policíclico, un polisilsesquiazano, o una combinación de dos o más cualesquiera de estos precursores. El revestimiento tiene concentraciones atómicas normalizadas respecto al 100% de carbono, oxígeno y silicio, según se determina mediante espectroscopía fotoelectrónica de rayos X (XPS), inferiores a un 50% de carbono y superiores a un 25% de silicio. Opcionalmente, el revestimiento cumple las limitaciones de cualquiera de las realizaciones VII.B.4.a o VII.B.4.b.

También se puede contemplar el uso de un precursor organometálico que contiene un metal de los grupos III o IV.

Otro aspecto es un revestimiento lubricante depositado mediante PECVD de un gas de alimentación que comprende un precursor organosilícico, preferentemente un siloxano monocíclico, un silazano monocíclico, un siloxano policíclico, un silazano policíclico o una combinación de dos o más de estos. El revestimiento tiene una concentración atómica de carbono, normalizada respecto al 100% de carbono, oxígeno y silicio, según se determina por espectroscopía fotoelectrónica de rayos X (XPS) mayor que la concentración atómica de carbono en la fórmula atómica para el gas de alimentación. Opcionalmente, el revestimiento cumple las limitaciones de las realizaciones VII.B.4.a o VII.B.4.b.

Un aspecto adicional es un revestimiento lubricante depositado mediante PECVD de un gas de alimentación que comprende un precursor organosilícico, preferentemente un siloxano monocíclico, un silazano monocíclico, un siloxano policíclico, un silazano policíclico o una combinación de dos o más de estos. El revestimiento tiene una concentración atómica de silicio, normalizada respecto al 100% de carbono, oxígeno y silicio, según se determina por espectroscopía fotoelectrónica de rayos X (XPS), inferior a la concentración atómica de silicio en la fórmula atómica para el gas de alimentación. Opcionalmente, el revestimiento cumple las limitaciones de las realizaciones VII.B.4.a o VII.B.4.b.

VII.C.1. Recipiente que contiene sangre viable con un revestimiento depositado de un precursor organosilícico

Incluso otro aspecto es un recipiente que contiene sangre. El recipiente tiene una pared. La pared tiene una superficie interna que define una cavidad. La superficie interna de la pared tiene un revestimiento hidrófobo al menos parcial como el definido anteriormente, preferentemente un revestimiento hidrófobo de $Si_wO_xC_yH_z$, preferentemente donde w es 1, x en esta fórmula es de aproximadamente 0.5 a 2.4, y es de aproximadamente 0.6 a aproximadamente 3, y z es de 2 a aproximadamente 9, más preferentemente donde w es 1, x es de aproximadamente 0.5 a 1, y es de aproximadamente 2 a aproximadamente 3, y z es de 6 a aproximadamente 9. El revestimiento puede ser fino con un espesor monomolecular o con un espesor de aproximadamente 1000 nm. El recipiente contiene en su cavidad sangre viable que está en contacto con el revestimiento de $Si_wO_xC_yH_z$, la cual se puede devolver al sistema vascular de un paciente.

VII.C.2. Revestimiento depositado de un precursor organosilícico que reduce la coagulación o la activación plaquetaria en la pared del recipiente

Otro aspecto es un recipiente que tiene una pared. La pared tiene una superficie interna que define una cavidad y tiene un revestimiento pasivante, p. ej., hidrófobo, al menos parcial hecho de un precursor organosilícico mediante PECVD, preferentemente un revestimiento de $Si_wO_xC_yH_z$, preferentemente donde w es 1, x en esta fórmula es de aproximadamente 0.5 a 2.4, y es de aproximadamente 0.6 a aproximadamente 3, y z es de 2 a aproximadamente 9, más preferentemente donde w es 1, x es de aproximadamente 0.5 a 1, y es de aproximadamente 2 a aproximadamente 3, y z es de 6 a aproximadamente 9. El revestimiento tiene un espesor que está comprendido entre un espesor monomolecular y un espesor de aproximadamente 1000 nm sobre la superficie interna. El revestimiento reduce de forma efectiva la activación plaquetaria del plasma de sangre tratada con un aditivo de citrato de sodio y expuesta a la superficie interna, en comparación con el mismo tipo de pared sin revestir. El revestimiento reduce de forma efectiva la coagulación de sangre expuesta a la superficie interna, en comparación con el mismo tipo de pared sin revestir.

VII.C.3. Recipiente que contiene sangre viable con un revestimiento de un elemento metálico del grupo III o IV

Otro aspecto es un recipiente que contiene sangre y que tiene una pared con una superficie interna que define una cavidad. La superficie interna tiene un revestimiento al menos parcial de una composición que incluye carbono, uno o más metales

del grupo III, uno o más metales del grupo IV, o una combinación de dos o más de estos. El revestimiento tiene un espesor que está comprendido entre un espesor monomolecular y un espesor de aproximadamente 1000 nm, inclusive, sobre la superficie interna. El recipiente contiene en su cavidad sangre que está en contacto con el revestimiento, la cual se puede devolver al sistema vascular de un paciente.

5 **VII.C.4. Revestimiento de un elemento del grupo III o IV que reduce la coagulación o la activación plaquetaria de sangre en el recipiente**

Opcionalmente, en el recipiente del párrafo anterior, el revestimiento del elemento del grupo III o IV reduce de forma efectiva la coagulación o la activación plaquetaria de la sangre expuesta a la superficie interna de la pared del recipiente.

VII.D.1. Recipiente que contiene insulina con un revestimiento depositado de un precursor organosilícico

10 Otro aspecto es un recipiente que contiene insulina y que tiene una pared con una superficie interna que define una cavidad. La superficie interna tiene un revestimiento pasivante al menos parcial hecho de un precursor organosilícico mediante PECVD, preferentemente un revestimiento de $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$, preferentemente donde w es 1, x en esta fórmula es de aproximadamente 0.5 a 2.4, y z es de aproximadamente 0.6 a aproximadamente 3, y z es de 2 a aproximadamente 9, más preferentemente donde w es 1, x es de aproximadamente 0.5 a 1, y es de aproximadamente 2 a aproximadamente 3, y z es de 6 a aproximadamente 9. El revestimiento puede tener un espesor comprendido en el rango de espesor monomolecular a aproximadamente 1000 nm de espesor sobre la superficie interna. La insulina se dispone dentro de la cavidad en contacto con el revestimiento de $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$.

VII.D.2. Revestimiento depositado de un precursor organosilícico que reduce la precipitación de la insulina en el recipiente

20 Opcionalmente, en el recipiente del párrafo anterior, el revestimiento de $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$ reduce de forma efectiva la formación de un precipitado con la insulina que está en contacto con la superficie interna, en comparación con la misma superficie sin el revestimiento de $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$.

VII.D.3. Recipiente que contiene insulina con un revestimiento de un elemento del grupo III o IV

25 Otro aspecto es un recipiente que contiene insulina y que tiene una pared con una superficie interna que define una cavidad. La superficie interna tiene un revestimiento al menos parcial de una composición que comprende carbono, uno o más elementos del grupo III, uno o más elementos del grupo IV, o una combinación de dos o más de estos. El revestimiento puede tener un espesor comprendido en el rango de espesor monomolecular a aproximadamente 1000 nm de espesor sobre la superficie interna. La insulina se dispone dentro de la cavidad en contacto con el revestimiento.

VII.D.4. Revestimiento de un elemento del grupo III o IV que reduce la precipitación de la insulina en el recipiente

30 Opcionalmente, en el recipiente del párrafo anterior, el revestimiento de una composición, que comprende carbono, uno o más elementos del grupo III, uno o más elementos del grupo IV, o una combinación de dos o más de estos, reduce de forma efectiva la formación de un precipitado con la insulina que está en contacto con la superficie interna, en comparación con la misma superficie sin el revestimiento.

VII.E. Cubetas

35 El revestimiento aplicado por PECVD, etc., descrito en esta descripción también es útil para revestir cubetas para formar un revestimiento de barrera, un revestimiento hidrófobo, un revestimiento lubricante o más de uno de estos. Una cubeta es un tubo pequeño de sección transversal circular o cuadrada, sellado en un extremo, hecho de plástico, vidrio o cuarzo fundido (para la luz UV) y diseñado como portamuestras para experimentos espectroscópicos. Las mejores cubetas son tan transparentes como sea posible, sin impurezas que puedan afectar a la lectura espectroscópica. Al igual que los tubos de ensayo o los tubos de recogida de muestras, las cubetas pueden estar expuestas a la atmósfera o tener una tapa para sellarlas. Los revestimientos aplicados por PECVD de la presente descripción pueden ser muy finos, transparentes y planos desde un punto de vista óptico, de forma que no interfieran con el análisis óptico de las cubetas o su contenido.

VII.F. Viales

45 Los métodos de revestimiento mediante PECVD, etc., descritos en esta descripción también son útiles para revestir viales para formar un revestimiento, por ejemplo, un revestimiento de barrera o un revestimiento hidrófobo, o una combinación de estos revestimientos. Un vial es un recipiente o una botella pequeña, especialmente utilizada para almacenar medicación como líquidos, polvos o polvos liofilizados. También pueden ser recipientes para muestras, por ejemplo, para utilizar en dispositivos de muestreo automático en cromatografía analítica. Un vial puede tener forma tubular o una forma similar a una botella con un cuello. El fondo generalmente es plano a diferencia de los tubos de ensayo o tubos para la recogida de

muestras que generalmente tienen un fondo redondeado. Los viales pueden estar hechos, por ejemplo, de plástico (por ejemplo, polipropileno, COC, COP).

Medio computacional y elemento de programa

5 Además, se proporciona un medio computacional, en el que se almacena un programa informático para revestir y/o inspeccionar un recipiente, que cuando es ejecutado por un procesador de un sistema de procesamiento de recipientes, hace que el procesador lleve a cabo las etapas del método que se mencionan anteriormente o más adelante.

Además, se proporciona un elemento de programa para revestir y/o inspeccionar un recipiente, que cuando es ejecutado por un procesador de un sistema de procesamiento de recipientes, hace que el procesador lleve a cabo las etapas del método que se mencionan anteriormente o más adelante.

10 Otros aspectos de la invención serán evidentes a partir de esta divulgación y los dibujos adjuntos.

Breve descripción de los dibujos

La FIG. 1 es un diagrama esquemático que muestra un sistema de procesamiento de recipientes de acuerdo con una realización de la descripción.

15 La FIG. 2 es una vista transversal esquemática de un soporte de recipientes en una estación de revestimiento de acuerdo con una realización de la descripción.

La FIG. 3 es una vista similar a la FIG. 2 de una realización alternativa de la descripción.

La FIG. 4 es una vista en planta diagramática de una realización alternativa del soporte de recipientes.

La FIG. 5 es una vista en planta diagramática de otra realización alternativa del soporte de recipientes.

La FIG. 6 es una vista similar a la FIG. 2 del aparato de inspección de recipientes.

20 La FIG. 7 es una vista similar a la FIG. 2 de un aparato de inspección de recipientes alternativo.

La FIG. 8 es una sección tomada a lo largo de las líneas de la sección A—A de la FIG. 2.

La FIG. 9 es una realización alternativa de la estructura que se muestra en la FIG. 8.

La FIG. 10 es una vista similar a la FIG. 2 de un soporte de recipientes en una estación de revestimiento de acuerdo con otra realización de la descripción, que emplea un detector CCD.

25 La FIG. 11 es una vista en detalle similar a la FIG. 10 de una fuente de luz y un detector que están invertidos en comparación con las partes correspondientes de la FIG. 6.

La FIG. 12 es una vista similar a la FIG. 2 de un soporte de recipientes en una estación de revestimiento de acuerdo con otra realización más de la descripción, que emplea energía de microondas para generar el plasma.

30 La FIG. 13 es una vista similar a la FIG. 2 de un soporte de recipientes en una estación de revestimiento de acuerdo con otra realización más de la descripción, donde el recipiente puede asentarse en el soporte de recipientes en la estación de procesamiento.

La FIG. 14 es una vista similar a la FIG. 2 de un soporte de recipientes en una estación de revestimiento de acuerdo con incluso otra realización de la descripción, donde el electrodo puede configurarse como una bobina.

35 La FIG. 15 es una vista similar a la FIG. 2 de un soporte de recipientes en una estación de revestimiento de acuerdo con otra realización de la descripción, que emplea un transportador de tubos para mover un recipiente desde y hasta la estación de revestimiento.

La FIG. 16 es una vista diagramática del funcionamiento de un sistema de transporte de recipientes, tal como el que se muestra en la FIG. 15, para colocar y soportar un recipiente en una estación de procesamiento.

40 La FIG. 17 es una vista diagramática de un molde y una cavidad de un molde para formar un recipiente de acuerdo con un aspecto de la presente descripción.

La FIG. 18 es una vista diagramática de la cavidad para molde de la FIG. 17 proporcionada con un dispositivo para revestimiento de recipientes de acuerdo con un aspecto de la presente divulgación.

- La FIG. 19 es una vista similar a la FIG. 17 proporcionada con un dispositivo para revestir recipientes alternativo de acuerdo con un aspecto de la presente descripción.
- La FIG. 20 es un plano de despiece transversal longitudinal de una jeringa y una tapa adaptada para utilizar como una jeringa precargada.
- 5 La FIG. 21 es una vista generalmente similar a la FIG. 2 que muestra un cilindro de jeringa tapado y un soporte de recipientes en una estación de revestimiento de acuerdo con una realización de la descripción.
- La FIG. 22 es una vista generalmente similar a la FIG. 21 que muestra un cilindro de jeringa sin tapar y un soporte de recipientes en una estación de revestimiento de acuerdo con otra realización más de la invención.
- 10 La FIG. 23 es una vista en perspectiva de un montaje de tubos de extracción de sangre que tiene un cierre de acuerdo con otra realización más de la invención.
- La FIG. 24 es una sección fragmentaria del montaje de tubos de extracción de sangre y cierre de la FIG. 23.
- La FIG. 25 es una sección aislada de un inserto elastomérico del cierre de las FIGS. 23 y 24.
- La FIG. 26 es una vista similar a la FIG. 22 de otra realización de la invención para procesar cilindros de jeringas y otros recipientes.
- 15 La FIG. 27 es una vista en detalle ampliada de un recipiente de procesamiento de la FIG. 26.
- La FIG. 28 es una vista esquemática de un recipiente de procesamiento alternativo.
- La FIG. 29 es una vista esquemática que muestra la desgasificación de un material a través de un revestimiento.
- La FIG. 30 es una vista transversal esquemática de un montaje de prueba para provocar la desgasificación de la pared de un recipiente hacia el interior del recipiente y para medir la desgasificación utilizando una celda de medida interpuesta entre el recipiente y una fuente de vacío.
- 20 La FIG. 31 es un gráfico de la tasa de flujo másico de desgasificación medida en el montaje de prueba de la FIG. 30 para múltiples recipientes.
- La FIG. 32 es un diagrama de barras que muestra un análisis estadístico de los parámetros que se muestran en la FIG. 31.
- La FIG. 33 es una sección longitudinal de un cilindro de jeringa y de un volumen para recibir gas combinados de acuerdo con otra realización de la invención.
- 25 La FIG. 34 es una vista similar a la FIG. 34 de otra realización de la invención que incluye una extensión de electrodo.
- La FIG. 35 es una vista tomada a lo largo de las líneas de sección 35 – 35 de la FIG. 34, que muestra las aberturas de suministro de gas distales y el electrodo de extensión de la FIG. 34.
- La FIG. 36 es una vista en perspectiva de un montaje de tubos de extracción de sangre de doble pared de acuerdo con otra realización más de la invención.
- 30 La FIG. 37 es una vista similar a la FIG. 22 que muestra otra realización.
- La FIG. 38 es una vista similar a la FIG. 22 que muestra otra realización más.
- La FIG. 39 es una vista similar a la FIG. 22 que muestra otra realización más.
- La FIG. 40 es una vista similar a la FIG. 22 que muestra incluso otra realización más.
- 35 La FIG. 41 es una vista en planta de la realización de la FIG. 40.
- La FIG. 42 es una sección longitudinal fragmentaria en detalle de un mecanismo de sellado alternativo que se puede utilizar, por ejemplo, en las realizaciones de las FIGS. 1, 2, 3, 6-10, 12-16, 18, 19, 33 y 37-41 para asentar un recipiente en un soporte de recipientes. La FIG. 42 también muestra una construcción alternativa de un cilindro de jeringa que se puede utilizar, por ejemplo, en las realizaciones de las FIGS. 2, 3, 6-10, 12-22, 26-28, 33-34 y 37-41.
- 40 La FIG. 43 es una vista en detalle ampliada aún más del mecanismo de sellado que se muestra en la FIG. 42.

La FIG. 44 es una vista similar a la FIG. 2 de un tubo de administración de gas/electrodo interno alternativos que pueden usarse, por ejemplo, con las realizaciones de las FIGS. 1, 2, 3, 8, 9, 12-16, 18-19, 21-22, 33, 37-43, 46-49 y 52-54.

La FIG. 45 es una construcción alternativa de un soporte de recipientes que puede usarse, por ejemplo, con las realizaciones de la FIGS. 1, 2, 3, 6-10, 12-16, 18, 19, 21, 22, 26, 28, 33-35 y 37-44.

5 La FIG. 46 es una vista transversal esquemática de un arreglo de tubos de suministro de gas y un mecanismo para insertar y retirar los tubos de suministro de gas de un soporte de recipientes, que muestra un tubo de suministro de gas en su posición completamente avanzada.

La FIG. 47 es una vista similar a la FIG. 46, que muestra un tubo de suministro de gas en una posición intermedia.

10 La FIG. 48 es una vista similar a la FIG. 46, que muestra un tubo de suministro de gas en una posición retraída. El arreglo de tubos de suministro de gas de las FIGS. 46-48 se puede utilizar, por ejemplo, en las realizaciones de las FIGS. 1, 2, 3, 8, 9, 12-16, 18-19, 21-22, 26-28, 33-35, 37-45, 49 y 52-54. El mecanismo de las FIGS. 46-48 puede utilizarse, por ejemplo, en las realizaciones de tubo de suministro de gas de las FIGS. 2, 3, 8, 9, 12-16, 18-19, 21-22, 26-28, 33-35, 37-45, 49 y 52-54, así como también con las sondas del aparato de inspección de recipientes de las FIGS. 6 y 7.

15 La FIG. 49 es una vista similar a la FIG. 16 que muestra un mecanismo de suministro de recipientes para que sean tratados y un reactor de limpieza para un aparato de revestimiento por PECVD. El mecanismo de la FIG. 49 puede utilizarse con el aparato de inspección de recipientes de las FIGS. 1, 9, 15 y 16, por ejemplo.

La FIG. 50 es un plano de despiece de un cilindro de jeringa de dos piezas y un conector de seguridad de tipo Luer. El cilindro de jeringa se puede utilizar en el aparato de tratamiento e inspección de recipientes de las FIGS. 1-22, 26-28, 33-35, 37-39, 44 y 53-54.

20 La FIG. 51 es una vista montada del cilindro de jeringa de dos piezas y el conector de seguridad de tipo Luer de la FIG. 50.

La FIG. 52 es una vista similar a la FIG. 42 que muestra un cilindro de jeringa que se está tratando que no tiene abrazaderas ni topes manuales 440. El cilindro de jeringa puede utilizarse con el aparato de tratamiento e inspección de recipientes de las FIGS. 1-19, 27, 33, 35, 44-51 y 53-54.

25 La FIG. 53 es una vista esquemática de un montaje para tratar recipientes. El montaje se puede utilizar en el aparato de las FIGS. 1-3, 8-9, 12-16, 18-22, 26-28, 33-35 y 37-49.

La FIG. 54 es una vista diagramática de la realización de la FIG. 53.

La FIG. 55 es una vista diagramática similar a la FIG. 2 de una realización de la invención que incluye una pantalla de plasma.

30 La FIG. 56 es una vista transversal esquemática de un arreglo de tubos de suministro de gas, que tiene suministros de gas independientes y un mecanismo para insertar y retirar los tubos de suministro de gas de un soporte de recipientes.

La FIG. 57 es un gráfico de la tasa de flujo másico de desgasificación medida en el Ejemplo 19.

La FIG. 58 muestra un rack lineal, de otra forma similar a la FIG. 4.

La FIG. 59 muestra una representación esquemática de un sistema de procesamiento de recipientes de acuerdo con un ejemplo de realización de la presente invención.

35 La FIG. 60 muestra una representación esquemática de un sistema de procesamiento de recipientes de acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención.

La FIG. 61 muestra una estación de procesamiento de un sistema de procesamiento de recipientes de acuerdo con un ejemplo de realización de la presente invención.

La FIG. 62 muestra un soporte de recipientes portátil de acuerdo con un ejemplo de realización de la presente invención.

40 Los siguientes caracteres de referencia se utilizan en las figuras de los dibujos:

20	Sistema de procesamiento de recipientes
22	Máquina de moldeo por inyección
24	Estación de inspección visual
26	Estación de inspección (prerrevestimiento)
28	Estación de revestimiento
30	Estación de inspección (posrevestimiento)
32	Estación de transmisión de fuente óptica (espesor)
34	Estación de transmisión de fuente óptica (defectos)
36	Salida
38	Soporte de recipientes
40	Soporte de recipientes
42	Soporte de recipientes
44	Soporte de recipientes
46	Soporte de recipientes
48	Soporte de recipientes
50	Soporte de recipientes
52	Soporte de recipientes
54	Soporte de recipientes
56	Soporte de recipientes
58	Soporte de recipientes
60	Soporte de recipientes
62	Soporte de recipientes
64	Soporte de recipientes
66	Soporte de recipientes
68	Soporte de recipientes
70	Transportador
72	Mecanismo de transferencia (encendido)
74	Mecanismo de transferencia (apagado)
80	Recipiente

82	Abertura
84	Extremo cerrado
86	Pared
88	Superficie interior
90	Revestimiento de barrera
92	Puerto de recipientes
94	Conducto de vacío
96	Puerto de vacío
98	Fuente de vacío
100	Junta tórica (de 92)
102	Junta tórica (de 96)
104	Puerto de entrada de gas
106	Junta tórica (de 100)
108	Sonda (contraelectrodo)
110	Puerto de suministro de gas (de 108)
112	Soporte de recipientes (Fig. 3)
114	Carcasa (de 50 ó 112)
116	Aro
118	Superficie externa (de 80)
120	Soporte de recipientes (arreglo)
122	Puerto de recipientes (Fig. 4, 58)
130	Marco (Fig. 5)
132	Fuente de luz
134	Canal lateral
136	Válvula de apagado
138	Puerto de sonda
140	Puerto de vacío
142	Puerto de entrada de gas de PECVD
144	Fuente de gas de PECVD
146	Línea de vacío (a 98)
148	Válvula de apagado
150	Línea flexible (de 134)
152	Manómetro

154	Interior del recipiente 80
160	Electrodo
162	Fuente de alimentación
164	Pared lateral (de 160)
166	Pared lateral (de 160)
168	Extremo cerrado (de 160)
170	Fuente de luz (Fig. 10)
172	Detector
174	Píxel (de 172)
176	Superficie interior (de 172)
182	Orificio (de 186)
184	Pared (de 186)
186	Esfera de integración
190	Fuente de alimentación de microondas
192	Guía de ondas
194	Cavidad de microondas
196	Separación
198	Extremo superior (de 194)
200	Electrodo
202	Transporte de tubos
204	Ventosa
208	Núcleo del molde
210	Cavidad del molde
212	Revestimiento de la cavidad del molde
220	Superficie de apoyo (Fig. 2)
222	Superficie de apoyo (Fig. 2)
224	Superficie de apoyo (Fig. 2)
226	Superficie de apoyo (Fig. 2)
228	Superficie de apoyo (Fig. 2)
230	Superficie de apoyo (Fig. 2)
232	Superficie de apoyo (Fig. 2)

234	Superficie de apoyo (Fig. 2)
236	Superficie de apoyo (Fig. 2)
238	Superficie de apoyo (Fig. 2)
240	Superficie de apoyo (Fig. 2)
250	Cilindro de jeringa
252	Jeringa
254	Superficie interior (de 250)
256	Extremo posterior (de 250)
258	Émbolo (de 252)
260	Extremo anterior (de 250)
262	Tapa
264	Superficie interior (de 262)
266	Conector
268	Recipiente
270	Cierre
272	Superficie orientada hacia el interior
274	Cavidad
276	Superficie que está en contacto con la pared
278	Superficie interna (de 280)
280	Pared del recipiente
282	Tapón
284	Protección
286	Capa lubricante
288	Capa de barrera
290	Aparato para revestir, por ejemplo, 250
292	Superficie interna (de 294)
294	Abertura limitada (de 250)
296	Recipiente de procesamiento
298	Superficie externa (de 250)
300	Cavidad (de 250)
302	Abertura mayor (de 250)

304	Cavidad del recipiente de procesamiento
306	Abertura del recipiente de procesamiento
308	Electrodo interno
310	Paso interior (de 308)
312	Extremo proximal (de 308)
314	Extremo distal (de 308)
316	Abertura distal (de 308)
318	Plasma
320	Apoyo del recipiente
322	Puerto (de 320)
324	Recipiente de procesamiento (tipo conducto)
326	Abertura del recipiente (de 324)
328	Segunda abertura (de 324)
330	Puerto de vacío (recibiendo 328)
332	Primer conector (ajuste cónico macho de tipo Luer)
334	Segundo conector (ajuste cónico hembra de tipo Luer)
336	Aro de seguridad (de 332)
338	Primer tope (de 332)
340	Segundo tope (de 332)
342	Junta tórica
344	Gancho
346	Pared
348	Revestimiento (sobre 346)
350	Trayectoria de permeación
352	Vacío
354	Molécula gaseosa
355	Molécula gaseosa
356	Interfaz (entre 346 y 348)
357	Molécula gaseosa
358	Recipiente de PET

359	Molécula gaseosa
360	Sello
362	Celda de medida
364	Bomba de vacío
366	Flechas
368	Paso cónico
370	Pared interior
372	Pared interior
374	Cámara
376	Cámara
378	Diafragma
380	Diafragma
382	Superficie conductora
384	Superficie conductora
386	Desvío
390	Gráfico (tubo de vidrio)
392	Gráfica (PET sin revestir)
394	Gráfico principal (revestimiento con SiO ₂)
396	Valores atípicos (revestimiento con SiO ₂)
398	Electrodo interno y tubo de suministro de gas
400	Abertura distal
402	Contraelectrodo de extensión
404	Ventilación (Fig. 7)
406	Válvula
408	Pared interna (Fig. 36)
410	Pared externa (Fig. 36)
412	Superficie interior (Fig. 36)
414	Electrodo de placa (Fig. 37)
416	Electrodo de placa (Fig. 37)
418	Conducto de vacío
420	Soporte de recipientes

422	Cámara de vacío
424	Soporte de recipientes
426	Contraelectrodo
428	Soporte de recipientes (Fig. 39)
430	Montaje de electrodo
432	Volumen encerrado por 430
434	Válvula de control de presión
436	Conducto de cámara de vacío
438	Cilindro de jeringa (Fig. 42)
440	Abrazadera (de 438)
442	Abertura posterior (de 438)
444	Pared del cilindro (de 438)
450	Soporte de recipientes (Fig. 42)
452	Borde anular
454	Pared lateral generalmente cilíndrica (de 438)
456	Superficie interna generalmente cilíndrica (de 450)
458	Tope
460	Hueco
462	Junta tórica
464	Pared externa (de 460)
466	Pared inferior (de 460)
468	Pared superior (de 460)
470	Electrodo interno (Fig. 44)
472	Porción distal (de 470)
474	Pared lateral porosa (de 472)
476	Pasaje interno (de 472)
478	Porción proximal (de 470)
480	Extremo distal (de 470)
482	Cuerpo de soporte de recipientes
484	Porción superior (de 482)
486	Porción de base (de 482)

488	Junta (entre 484 y 486)
490	Junta tórica
492	Hueco anular
494	Superficie del tope que se extiende radialmente
496	Pared que se extiende radialmente
498	Tornillo
500	Tornillo
502	Puerto de recipientes
504	Segunda junta tórica
506	Diámetro interno (de 490)
508	Conducto de vacío (de 482)
510	Electrodo interno
512	Electrodo interno
514	Mecanismo de inserción y remoción
516	Manguera flexible
518	Manguera flexible
520	Manguera flexible
522	Válvula
524	Válvula
526	Válvula
528	Estación de limpieza de electrodo
530	Accionamiento de electrodo interno
532	Reactor de limpieza
534	Válvula de ventilación
536	Segunda herramienta de sujeción
538	Transportador
539	Retenedor de soluto
540	Extremo abierto (de 532)
542	Espacio interior (de 532)
544	Jeringa
546	Émbolo
548	Cuerpo

ES 2 452 519 T3

550	Cilindro
552	Superficie interior (de 550)
554	Revestimiento
556	Conector de tipo Luer
558	Ajuste cónico de tipo Luer
560	Pasaje interno (de 558)
562	Superficie interna
564	Acoplamiento
566	Parte macho (de 564)
568	Parte hembra (de 564)
570	Revestimiento de barrera
572	Aro de seguridad
574	Válvula de vacío principal
576	Línea de vacío
578	Válvula de desvío manual
580	Línea de desvío
582	Válvula de ventilación
584	Válvula del gas reactivo principal
586	Línea de alimentación del reactivo principal
588	Depósito de líquido de organosilicio
590	Línea de alimentación de organosilicio (capilar)
592	Válvula de apagado de organosilicio
594	Tanque de oxígeno
596	Línea de alimentación de oxígeno
598	Controlador del flujo másico
600	Válvula de apagado de oxígeno
602	Revestimiento de barrera exterior de la jeringa
604	Cavidad

606	Superficie exterior del cilindro
610	Pantalla de plasma
612	Cavidad de la pantalla de plasma
614	Espacio libre
616	Fuente de presión
618	Línea de presión
620	Conexión capilar
630	Gráficos para COC sin revestimiento
632	Gráficos para COC revestido con SiO _x
634	Gráficos para vidrio
5501	Primera estación de procesamiento
5502	Segunda estación de procesamiento
5503	Tercera estación de procesamiento
5504	Cuarta estación de procesamiento
5505	Procesador
5506	Interfaz de usuario
5507	Colector
5701	Aparato de PECVD
5702	Primer detector
5703	Segundo detector
5704	Detector
5705	Detector
5706	Detector
5707	Detector
7001	Brazo de salida del transportador
7002	Brazo de salida del transportador
7003	Brazo de salida del transportador
7004	Brazo de salida del transportador

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

La presente invención se describirá a continuación en más detalle haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los que se muestran varias realizaciones. Esta invención, sin embargo, puede realizarse de muchas formas diferentes y no debe considerarse que las realizaciones descritas en la presente la limiten de modo alguno. Por el contrario, estas realizaciones son ejemplos de la invención, cuyo alcance completo está indicado en las reivindicaciones. Los números iguales se refieren a elementos iguales o correspondientes de principio a fin.

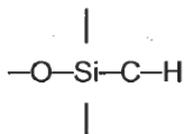
En el contexto de la presente invención, se emplean las siguientes definiciones y abreviaturas:

RF es radiofrecuencia; sccm es centímetros cúbicos estándar por minuto.

La expresión "al menos", en el contexto de la presente invención, significa "mayor o igual" al número entero que sigue a la expresión. La palabra "comprende" no excluye otros elementos o etapas y el artículo indefinido "un" o "una" no excluye una pluralidad a menos que se indique lo contrario.

"Primero" y "segundo" o referencias similares a, por ejemplo, estaciones de procesamiento o dispositivos de procesamiento se refieren a la cantidad mínima de estaciones o dispositivos de procesamiento que están presentes, pero no representan necesariamente el orden o la cantidad total de estaciones y dispositivos de procesamiento. Estos términos no limitan la cantidad de estaciones de procesamiento o el procesamiento particular que se lleva a cabo en las estaciones respectivas.

A efectos de la presente invención, un "precursor organosilícico" es un compuesto que tiene al menos un enlace:



que es un átomo de silicio tetravalente conectado a un átomo de oxígeno y un átomo de carbono orgánico (siendo un átomo de carbono orgánico un átomo de carbono ligado a al menos un átomo de hidrógeno). Un precursor organosilícico volátil, definido como un precursor que puede suministrarse como un vapor en un aparato de PECVD, es un precursor organosilícico preferido. Preferentemente, el precursor organosilícico se selecciona del grupo conformado por un siloxano lineal, un siloxano monocíclico, un siloxano policíclico, un polisilsesquioxano, un alquiltrimetoxisilano, un silazano lineal, un silazano monocíclico, un silazano policíclico, un polisilsesquiazano y una combinación de dos o más cualesquiera de estos precursores.

En el contexto de la presente invención, se añade "esencialmente nada de oxígeno" o (de forma intercambiable) "sustancialmente nada de oxígeno" al reactivo gaseoso en algunas realizaciones. Esto quiere decir que parte del oxígeno atmosférico residual puede estar presente en el espacio de reacción y que puede haber presente oxígeno residual alimentado en una etapa previa y que no se agotó completamente en el espacio de reacción, esto se define en la presente como esencialmente nada de oxígeno presente. Esencialmente no hay nada de oxígeno presente en el reactivo gaseoso en particular si el reactivo gaseoso comprende menos de un 1%vol de O₂, más particularmente menos de un 0.5%vol de O₂ e incluso más particularmente si está exento de O₂, si no se añade nada de oxígeno al reactivo gaseoso o si no hay nada de oxígeno presente durante la PECVD, esto también está contemplado por el alcance de "esencialmente nada de oxígeno".

Un "recipiente" en el contexto de la presente invención puede ser cualquier tipo de recipiente con al menos una abertura y una pared que define una superficie interior. La expresión "al menos", en el contexto de la presente invención, significa "mayor o igual" al número entero que sigue a la expresión. Por consiguiente, un recipiente en el contexto de la presente invención tiene una o más aberturas. Se prefieren una o dos aberturas, como las aberturas de un tubo de muestreo (una abertura) o un cilindro de jeringa (dos aberturas). Si el recipiente tiene dos aberturas, estas pueden ser de igual o diferente tamaño. Si hay más de una abertura, una de las aberturas puede usarse para la entrada de gas para un método de revestimiento por PECVD de acuerdo con la presente invención, mientras las otras aberturas están tapadas o abiertas. Un recipiente de acuerdo con la presente invención puede ser un tubo de muestreo, por ejemplo, para recoger o almacenar fluidos biológicos como sangre u orina, una jeringa (o una parte de esta, por ejemplo un cilindro de jeringa) para almacenar o administrar un compuesto o una composición biológicamente activa, por ejemplo, un medicamento o una composición farmacéutica, un vial para almacenar materiales biológicos o compuestos o composiciones biológicamente activas, una tubería, por ejemplo, un catéter para transportar materiales biológicos o compuestos o composiciones biológicamente activas, o una cubeta para contener fluidos, por ejemplo, para contener materiales biológicos o compuestos o composiciones biológicamente activas.

Un recipiente puede tener cualquier forma, se prefiere un recipiente que tenga una pared sustancialmente cilíndrica adyacente a al menos uno de sus extremos abiertos. Generalmente, la pared interior del recipiente tiene forma cilíndrica,

como por ejemplo, en un tubo de muestreo o un cilindro de jeringa. Se prefieren particularmente tubos de muestreo y jeringas o sus partes (por ejemplo, cilindros de jeringas).

5 Un “revestimiento hidrófobo” en el contexto de la presente invención significa que el revestimiento disminuye la humectabilidad de una superficie revestida con dicho revestimiento en comparación con la superficie sin revestir correspondiente. La hidrofobicidad, por consiguiente, es una función del sustrato sin revestir y del revestimiento. Lo mismo se aplica con las alteraciones apropiadas en otros contextos en los que se usa el término “hidrófobo”. El término “hidrófilo” significa lo opuesto, es decir, que la humectabilidad aumenta en comparación con la muestra de referencia. Un revestimiento hidrófobo particular en el contexto de la presente invención puede ser un revestimiento de fórmula empírica o molecular $Si_wO_xC_yH_z$, donde w es 1, x es de aproximadamente 0.5 a aproximadamente 2.4, y es de aproximadamente 0.6 a 10 aproximadamente 3, y z es de 2 a aproximadamente 9.

La “humectabilidad” es una medida específica para la hidrofobicidad o hidrofiliidad de una superficie. El método de medida de la humectabilidad preferido en el contexto de la presente invención es ASTM D 2578 o una modificación del método descrito en ASTM D 2578. Este método utiliza soluciones con una humectabilidad estándar (denominadas soluciones dina) para determinar la solución que se aproxima más a humedecer la superficie de película plástica durante exactamente dos segundos. Esto es la humectabilidad de la película. El procedimiento utilizado se modifica en la presente con respecto a 15 ASTM D 2578 en que los sustratos no son películas plásticas planas, sino que son tubos hechos de acuerdo con el protocolo para la formación de tubos de PET y (excepto los controles) revestidos de acuerdo con el protocolo para revestir el interior de tubos con un revestimiento hidrófobo (remítase al Ejemplo 9).

20 Un “revestimiento lubricante” de acuerdo con la presente invención es un revestimiento que tiene una resistencia a la fricción más baja que una superficie sin revestir. En otras palabras, reduce la resistencia a la fricción de la superficie revestida en comparación con la superficie de referencia que está sin revestir. La “resistencia a la fricción” puede ser la resistencia a la fricción estática y/o la resistencia a la fricción cinética. Una de las realizaciones preferidas de la presente invención es una parte de una jeringa, por ejemplo un cilindro o un émbolo de jeringa, revestido con un revestimiento lubricante. En esta realización preferida, la resistencia a la fricción estática en el contexto de la presente invención es la fuerza de arranque tal como se define en la presente y la resistencia a la fricción cinética en el contexto de la presente invención es la fuerza de deslizamiento del émbolo tal como se define en la presente. Por ejemplo, la fuerza de deslizamiento del émbolo tal como se define y determina en la presente es adecuada para determinar la presencia o ausencia y las características de lubricidad de un revestimiento lubricante en el contexto de la presente invención siempre que se aplique el revestimiento a cualquier jeringa o parte de una jeringa, por ejemplo, a la pared interna del cilindro de una 30 jeringa. La fuerza de arranque tiene particular relevancia para la evaluación del efecto de revestimiento sobre una jeringa precargada, es decir, una jeringa que se llena después del revestimiento y puede almacenarse durante algún tiempo, por ejemplo, varios meses o incluso años, antes de mover nuevamente el émbolo (tiene que “separarse”).

35 La “fuerza de deslizamiento del émbolo” en el contexto de la presente invención es la fuerza necesaria para mantener el movimiento de un émbolo en un cilindro de jeringa, por ejemplo, durante la aspiración o administración. Se puede determinar convenientemente utilizando la prueba de ISO 7886-1:1993 descrita en la presente y conocida en la técnica. Un sinónimo de “fuerza de deslizamiento del émbolo” utilizado habitualmente en la técnica es “fuerza de deslizamiento” o “fuerza de empuje”.

La “fuerza de arranque” en el contexto de la presente invención es la fuerza inicial necesaria para mover el émbolo en una jeringa, por ejemplo, en una jeringa precargada.

40 La “fuerza de deslizamiento del émbolo” y la “fuerza de arranque” y los métodos para medirlas se describen en más detalle en las partes posteriores de esta descripción.

“Deslizable” significa que permite que el émbolo se deslice en un cilindro de jeringa.

45 En el contexto de esta invención, “sustancialmente rígido” significa que los componentes montados (los puertos, los conductos y la carcasa, explicados en detalle más adelante) pueden moverse como una unidad manipulando la carcasa, sin que se produzca desviación significativa de ninguno de los componentes montados con respecto a los otros. Específicamente, ninguno de los componentes está conectado mediante mangueras o similares que permiten el movimiento relativo sustancial entre las partes en el uso normal. La provisión de una relación sustancialmente rígida entre estas partes permite que la ubicación del recipiente asentado en el soporte de recipientes sea casi tan conocida y precisa como la ubicación de estas partes fijadas a la carcasa.

50 A continuación, se describirá en primer lugar el aparato para llevar a cabo la presente invención, luego los métodos de revestimiento, revestimientos y recipientes revestidos y los usos de acuerdo con la presente invención.

Sistema de procesamiento de recipientes con múltiples estaciones de procesamiento y múltiples soportes de recipientes

5 Se contempla un sistema de procesamiento de recipientes que comprende una primera estación de procesamiento, una segunda estación de procesamiento, una multiplicidad de soportes de recipientes y un transportador. La primera estación de procesamiento está configurada para procesar un recipiente que tiene una abertura y una pared que define una superficie interior. La segunda estación de procesamiento está separada de la primera estación de procesamiento y está configurada para procesar un recipiente que tiene una abertura y una pared que define una superficie interior.

10 Al menos algunos, opcionalmente todos, los soportes de recipientes incluyen un puerto de recipientes configurado para recibir y asentar la abertura de un recipiente para procesar la superficie interior de un recipiente asentado a través del puerto de recipientes en la primera estación de procesamiento. El transportador está configurado para transportar una serie de soportes de recipientes y recipientes asentados desde la primera estación de procesamiento hasta la segunda estación de procesamiento para procesar la superficie interior de un recipiente asentado a través del puerto de recipientes en la segunda estación de procesamiento.

15 Haciendo referencia primero a la FIG. 1, se muestra un sistema de procesamiento de recipientes indicado generalmente como 20. El sistema de procesamiento de recipientes puede incluir estaciones de procesamiento que se contemplan más ampliamente como dispositivos de procesamiento. El sistema de procesamiento de recipientes 20 de la realización ilustrada puede incluir una máquina de moldeo por inyección 22 (que puede considerarse como una estación o dispositivo de procesamiento), estaciones o dispositivos de procesamiento adicionales 24, 26, 28, 30, 32 y 34, y una salida 36 (que puede considerarse como una estación o dispositivo de procesamiento). Como mínimo, el sistema 20 tiene al menos una primera estación de procesamiento, por ejemplo, la estación 28 y una segunda estación de procesamiento, por ejemplo, la 30, 32 ó 34.

Cualquiera de las estaciones de procesamiento 22-36 en la realización ilustrada puede ser una primera estación de procesamiento, cualquier otra estación de procesamiento puede ser una segunda estación de procesamiento y así sucesivamente.

25 La realización ilustrada en la FIG. 1 puede incluir ocho estaciones o dispositivos de procesamiento: 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34 y 36. El ejemplo de sistema de procesamiento de recipientes 20 incluye una máquina de moldeo por inyección 22, una estación de inspección posmoldeo 24, una estación de inspección prerrevestimiento 26, una estación de revestimiento 28, una estación de inspección posrevestimiento 30, una estación de transmisión de fuente óptica 32 para determinar el espesor del revestimiento, una estación de transmisión de fuente óptica 34 para examinar el revestimiento en busca de defectos y una estación de salida 36.

El sistema 20 puede incluir un mecanismo de transferencia 72 para mover recipientes desde la máquina de moldeo por inyección 22 hasta un soporte de recipientes 38. El mecanismo de transferencia 72 puede estar configurado, por ejemplo, como un brazo robótico que coloca, mueve, sujeta, transfiere, orienta, asienta y libera los recipientes 80 para retirarlos de la máquina formadora de recipientes 22 e instalarlos sobre los soportes de recipientes tales como 38.

35 El sistema 20 también puede incluir un mecanismo de transferencia en una estación de procesamiento 74 para retirar el recipiente de uno o más soportes de recipientes, tales como 66, con el posterior procesamiento de la superficie interior del recipiente asentado tal como 80 (FIG. 1). Los recipientes 80 por lo tanto se pueden mover desde el soporte de recipientes 66 hasta la zona de envasado, almacenamiento u otra zona o etapa del proceso adecuada, indicada de forma general como 36. El mecanismo de transferencia 74 puede estar configurado, por ejemplo, como un brazo robótico que coloca, mueve, sujeta, transfiere, orienta, asienta y libera los recipientes 80 para retirarlos de los soportes de recipientes tales como 38 y colocarlos en otro equipo en la estación 36.

40 Las estaciones o los dispositivos de procesamiento 32, 34 y 36 que se muestran en la FIG. 1 realizan opcionalmente una o más etapas adecuadas después del sistema de revestimiento e inspección 20, después de retirar los recipientes individuales 80 de los soportes de recipientes tales como 64. Algunos ejemplos no limitantes de las funciones de estas estaciones o dispositivos 32, 34 y 36 incluyen:

45 colocar los recipientes tratados e inspeccionados 80 sobre un transportador hasta un aparato de procesamiento adicional; añadir agentes químicos a los recipientes; tapar los recipientes; colocar los recipientes en racks de procesamiento adecuados; 50 envasar los recipientes; y esterilizar los recipientes envasados.

El sistema de procesamiento de recipientes 20 ilustrado en la FIG. también puede incluir una multiplicidad de soportes de recipientes (o "discos", ya que en algunas realizaciones se parecen a un disco de hockey) respectivamente 38 a 68, y un

transportador generalmente indicado como una cinta sin fin 70 para transportar uno o más de los soportes de recipientes 38-68 y, por consiguiente, los recipientes tales como 80, desde o hasta las estaciones de procesamiento 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34 y 36.

5 La estación o el dispositivo de procesamiento 22 puede ser un dispositivo formador de recipientes 80. Un dispositivo contemplado 22 puede ser una máquina de moldeo por inyección. Otro dispositivo contemplado 22 puede ser una máquina de moldeo por soplado. También se contemplan las máquinas de moldeo por vacío, máquinas de moldeo por estirado, máquinas para corte o molienda, máquinas de estirado de vidrio para vidrio u otros materiales que pueden formarse por estirado u otros tipos de máquinas formadoras de recipientes. Opcionalmente, la estación formadora de recipientes 22 puede omitirse, ya que los recipientes pueden obtenerse ya formados.

10 Soportes de recipientes

II.A. Se proporcionan soportes de recipientes portátiles 38-68 para sostener y transportar un recipiente que tiene una abertura mientras se procesa el recipiente. El soporte de recipientes incluye un puerto de recipientes, un segundo puerto, un conducto y una carcasa transportable.

15 II.A. El puerto de recipientes está configurado para asentar una abertura del recipiente en una relación de comunicación mutua. El segundo puerto está configurado para recibir un suministro de gas o ventilación externa. El conducto está configurado para el paso de uno o más gases entre una abertura del recipiente asentado en el puerto de recipientes y el segundo puerto. El puerto de recipientes, el segundo puerto y el conducto están unidos en una relación sustancialmente rígida a la carcasa transportable. Opcionalmente, el soporte de recipientes portátil pesa menos de cinco libras. Una ventaja de un soporte de recipientes liviano es que puede transportarse más fácilmente de una estación de procesamiento a otra.

20 II.A. En ciertas realizaciones del soporte de recipientes, el conducto es más específicamente un conducto de vacío y el segundo puerto es más específicamente un puerto de vacío. El conducto de vacío está configurado para extraer un gas a través del puerto de recipientes de un recipiente asentado en el puerto de recipientes. El puerto de vacío está configurado para comunicar el conducto de vacío y una fuente de vacío externa. El puerto de recipientes, el conducto de vacío y el puerto de vacío pueden estar unidos en una relación sustancialmente rígida a la carcasa transportable.

25 II.A. Los soportes de recipientes de las realizaciones II.A y II.A.1 se muestran, por ejemplo, en la FIG. 2. El soporte de recipientes 50 tiene un puerto de recipientes 82 configurado para recibir y asentar la abertura de un recipiente 80. La superficie interior del recipiente asentado 80 se puede procesar a través del puerto de recipientes 82. El soporte de recipientes 50 puede incluir un conducto, por ejemplo, un conducto de vacío 94, para extraer un gas del recipiente asentado 80 en el puerto de recipientes 92. El soporte de recipientes puede incluir un segundo puerto, por ejemplo, un puerto de vacío 96 que comunica el conducto de vacío 94 y una fuente de vacío exterior, tal como la bomba de vacío 98. El puerto de recipientes 92 y el puerto de vacío 96 puede tener elementos de sellado, por ejemplo, sellos a tope de tipo junta tórica, respectivamente de 100 y 102, o sellos laterales entre una pared cilíndrica interna o externa del puerto de recipientes 82 y una pared cilíndrica interna o externa del recipiente 80 para recibir y formar un sello con el recipiente 80 o la fuente de vacío exterior 98 facilitando al mismo tiempo la comunicación a través del puerto. También pueden utilizarse juntas y otros mecanismos de sellado.

40 II.A. El soporte de recipientes, tal como 50, puede estar hecho de cualquier material, por ejemplo, material termoplástico y/o material no electroconductor. O el soporte de recipientes, tal como 50, puede estar hecho parcial o incluso principalmente de material electroconductor y revestido con material no electroconductor, particularmente en los canales definidos por el puerto de recipientes 92, el conducto de vacío 94 y el puerto de vacío 96. Los ejemplos de materiales adecuados para el soporte de recipientes 50 son: un poliacetal, por ejemplo, material acetal Delrin® comercializado por E. I. du Pont De Nemours and Company, Wilmington Delaware; politetrafluoroetileno (PTFE), por ejemplo, PTFE Teflon® comercializado por E. I. du Pont De Nemours and Company, Wilmington Delaware; polietileno de peso molecular ultra alto (UHMWPE); polietileno de alta densidad (HDPE); u otros materiales conocidos en la técnica o descubiertos recientemente.

45 II.A. La FIG. 2 también ilustra que el soporte de recipientes, por ejemplo, 50, puede tener un aro 116 para centrar el recipiente 80 cuando se aproxima o asienta en el puerto 92.

Arreglo de soportes de recipientes

50 II.A. Otra forma de tratar, inspeccionar y/o mover partes a través de un sistema de producción puede ser usar un arreglo de soportes de recipientes. El arreglo puede comprender discos individuales o puede ser un arreglo sólido en el cual se colocan los dispositivos. Un arreglo puede permitir probar, transportar o tratar/revestir más de un dispositivo, opcionalmente muchos dispositivos, simultáneamente. El arreglo puede ser unidimensional, por ejemplo, agrupado para formar un rack lineal o bidimensional, similar a una cubeta o bandeja.

II.A. Las FIGS. 4, 5 y 58 muestran tres tipos de arreglo. La FIG. 4 muestra un arreglo sólido 120 en el cual (o sobre el cual) se colocan los dispositivos o recipientes 80. En este caso, los dispositivos o recipientes 80 pueden moverse a través del proceso de producción como un arreglo sólido, aunque pueden retirarse durante el proceso de producción y transferirse a soportes de recipientes individuales. Un soporte de recipientes simple 120 tiene múltiples puertos de recipientes, tales como 122, para transportar un arreglo de recipientes asentados, tal como 80, que se mueven como una unidad. En esta realización, se pueden proporcionar múltiples puertos de vacío individuales, tales como 96, para recibir un arreglo de fuentes de vacío 98. O se puede proporcionar un único puerto de vacío conectado a todos los puertos de recipientes tales como 96. También se pueden proporcionar múltiples sondas de entrada de gas 108 en un arreglo. Los arreglos de sondas de entrada de gas o fuentes de vacío pueden montarse para moverse como una unidad para procesar muchos recipientes, tales como 80, simultáneamente. O los múltiples puertos de recipientes, tales como 122, pueden tratarse en una o más filas a la vez o individualmente en una estación de procesamiento. El número de dispositivos en el arreglo puede estar relacionado con el número de dispositivos que se moldean en una sola etapa o con otras pruebas o etapas que pueden mejorar la eficiencia durante el funcionamiento. En el caso en que se trate/revista un arreglo, los electrodos pueden acoplarse entre sí (para formar un electrodo grande) o pueden ser electrodos individuales cada uno con su propia fuente de alimentación. Se pueden aplicar todos los métodos anteriores (desde el punto de vista de la geometría del electrodo, frecuencia, etc.).

II.A. En la FIG. 5, se agrupan discos o soportes de recipientes individuales (como se indicó anteriormente) en un arreglo, como rodeándolos con un marco externo 130. Esta instalación proporciona las ventajas del arreglo sólido de la FIG. 4, cuando se desea esto, y también permite desmontar el arreglo para otras etapas de procesamiento en las que los recipientes 80 se tratan en arreglos diferentes o individualmente.

II.A. La FIG. 58 muestra un rack lineal, de otra forma similar a la FIG. 4. Si se utiliza un rack lineal, otra opción, además de las explicadas anteriormente, es transportar el rack en hileras a través de la estación de procesamiento, procesando los recipientes en serie.

II.B. Soporte de recipientes que incluye un conjunto de juntas tóricas

II.B. Las FIG. 42 y 43 son una vista transversal longitudinal en detalle fragmentaria y una vista en detalle, respectivamente, de un soporte de recipiente 450 proporcionado con una disposición de sellado alternativa, utilizable por ejemplo, con las realizaciones de soporte de recipiente de las FIGS. 2, 3, 6, 7, 19, 12, 13, 16, 18, 19, 30 y 43 para asentar un recipiente en un soporte de recipientes. Haciendo referencia a la FIG. 42, el recipiente, por ejemplo, el cilindro de una jeringa 438, asentado en el soporte de recipientes 450 tiene una abertura posterior 442 definida por un borde 452 generalmente anular (y habitualmente biselado o redondeado), así como también una pared lateral generalmente cilíndrica 454. Un tubo de recogida de fluidos médico suele tener el mismo tipo de borde 452 pero sin la abrazadera 440 y, por lo tanto, se puede asentar en cambio en el soporte de recipientes 450.

II.B. El soporte de recipientes 450 en la realización ilustrada incluye una superficie interna generalmente cilíndrica 456 que en la realización ilustrada sirve como superficie guía para recibir la pared lateral generalmente cilíndrica 454 del cilindro de jeringa 438. El pozo está definido además por un tope generalmente anular 458 contra el cual el borde anular 452 se apoya cuando el cilindro de jeringa 438 se asienta en el soporte de recipientes 450. Se proporciona un hueco o una ranura generalmente anular 460 formada en la superficie interna 456 para retener el elemento de sellado, por ejemplo, una junta tórica 462. La profundidad radial del hueco 460 es menor que la sección transversal radial del elemento de sellado, por ejemplo, una junta tórica 462 (como se ilustra en la FIG. 42), y el diámetro interno de la junta tórica 462 preferentemente es ligeramente inferior al diámetro externo del borde anular 452.

II.B. Estas dimensiones relativas hacen que la sección transversal radial de la junta tórica 462 se comprima horizontalmente entre al menos la pared exterior 464 del hueco 460 y la pared lateral generalmente cilíndrica 454 del cilindro de jeringa 438, como se muestra en la FIG. 42, cuando un recipiente, tal como 438, se asienta como se muestra en la FIG. 42. Esta compresión aplana las superficies de apoyo de la junta tórica 462 formando un sello entre al menos la pared exterior 464 del hueco 460 y la pared lateral generalmente cilíndrica 454 del cilindro de jeringa 438.

II.B. El hueco 460 se puede construir opcionalmente, en relación con las dimensiones de la junta tórica 462, para formar dos sellos más entre la pared inferior y superior 466 y 468, y la pared lateral 454, espaciando la pared superior e inferior 466 y 468 aproximadamente la misma distancia que el diámetro transversal radial correspondiente de la junta tórica 462. Cuando la junta tórica 462 se comprime entre la pared exterior 464 y la pared lateral generalmente cilíndrica 454 del hueco 460, su resiliencia hará que se expanda hacia arriba y hacia abajo como se muestra en la FIG. 43, esto hace que también se enfrente a la pared superior e inferior 466 y 468 y se aplane contra ellas. Por lo tanto, la junta tórica 462 opcionalmente se deformará tanto vertical como horizontalmente, tendiendo a cuadrar su sección transversal que normalmente es redonda. Adicionalmente, el borde anular 452 asentado en el tope 458 limitará el flujo de reactivos de proceso de PECVD y otros gases y materiales introducidos a través de la abertura posterior 442 o adyacentes a esta.

5 II.B. Como resultado de esta construcción opcional, únicamente el espacio en la esquina derecha inferior de la junta tórica 462, como se muestra en la FIG. 43, está en el exterior de las juntas tóricas y, por lo tanto, está expuesto a gases de proceso, plasma, etc. introducidos en el interior del recipiente 438 generados o en su interior. Esta construcción protege la junta tórica 462 y las superficies adyacentes (como la superficie exterior de la pared lateral 438) contra la acumulación no deseada de depósitos de PECVD y el ataque de especies químicas activadas en el plasma. Adicionalmente, el recipiente 438 se ubica más positivamente mediante la superficie dura del tope 458, en oposición a la superficie elástica que presentaría un sello a tope del borde anular 452 directamente contra la junta tórica, tal como se ilustra en algunas de las otras Figuras. Adicionalmente, las fuerzas sobre las porciones respectivas alrededor de la circunferencia principal de la junta tórica 462 se distribuyen más uniformemente, ya que el recipiente está restringido 438 contra cualquier balanceo sustancial.

10 II.B. O el hueco 460 se puede formar con su pared inferior 466 por encima del tope 458 que se muestra en la FIG. 43. En otra realización, se puede proporcionar más de un hueco espaciado axialmente 460 para proporcionar un sello de nivel más alto o doble para restringir aún más el recipiente 438 contra el balanceo cuando se asienta contra el tope 458.

15 II.B. La FIG. 45 es una construcción alternativa de un soporte de recipientes 482 que puede usarse, por ejemplo, con las realizaciones de la FIGS. 1, 2, 3, 6-10, 12-16, 18, 19, 21, 22, 26, 28, 33-35 y 37-44. El soporte de recipientes 482 comprende una porción superior 484 y una base 486 unidas en la junta 488. Un elemento de sellado, por ejemplo, una junta tórica 490 (su lado derecho se secciona para poder describir el hueco que la retiene) se captura entre la porción superior 484 y la base 486 en la junta 488. En la realización ilustrada, la junta tórica 490 es recibida en un hueco anular 492 para ubicar la junta tórica cuando la porción superior 484 se junta a la base 486.

20 II.B. En esta realización, la junta tórica 490 está capturada y se soporta contra una superficie de tope que se extiende radialmente 494 y la pared que se extiende radialmente 496 que define parcialmente el hueco 492 cuando la porción superior 484 y la base 486 están unidas, en este caso por los tornillos 498 y 500. La junta tórica 490 se asienta por lo tanto entre la porción superior 484 y la base 486. La junta tórica 490 capturada entre la porción superior 484 y la base 486 también recibe el recipiente 80 (no incluido en esta figura para ilustrar con más claridad otras características) y forma un primer sello de junta tórica del puerto de recipientes 502 alrededor de la abertura del recipiente 80, análogo a la instalación de sello de junta tórica alrededor de la abertura posterior del recipiente 442 en la FIG. 42.

25 II.B. En esta realización, aunque no es un requisito, el puerto de recipientes 502 tiene tanto un primer sello de junta tórica 490 como un segundo sello de junta tórica 504 espaciado axialmente, teniendo cada uno un diámetro interior, tal como 506, con el tamaño adecuado para recibir el diámetro externo (análogo a la pared lateral 454 en la FIG. 43) de un recipiente tal como 80 para sellar el puerto de recipientes 502 y un recipiente tal como 80. El espacio entre las juntas tóricas 490 y 504 proporciona apoyo para un recipiente, tal como 80, en dos puntos separados axialmente, lo cual evita que el recipiente tal como 80 se incline respecto a las juntas tóricas 490 y 504 o el puerto de recipientes 502. En esta realización, aunque no sea un requisito, la superficie de tope que se extiende radialmente 494 está ubicada cerca de los sellos de junta tórica 490 y 506 y rodea al conducto de vacío 508.

35 **Métodos para transportar recipientes – procesamiento de recipientes asentados en soportes de recipientes**

III.A. Transporte de soportes de recipientes hasta estaciones de procesamiento

III.A. Las FIGS. 1, 2 y 10 muestran un método para procesar un recipiente 80. El método se puede llevar a cabo como se indica a continuación.

40 III.A. Se puede proporcionar un recipiente 80 con una abertura 82 y una pared 86 que define una superficie interior 88. Como una realización, el recipiente 80 se puede formar en un molde, tal como 22, y después se retira de este. Opcionalmente, 60 segundos, o 30 segundos, o 25 segundos, o 20 segundos, o 15 segundos, o 10 segundos, o 5 segundos, o 3 segundos o 1 segundo después de retirar el recipiente del molde, o tan pronto como el recipiente 80 se pueda mover sin perturbarlo durante su procesamiento (suponiendo que se fabrica a una temperatura elevada, desde la cual se enfría progresivamente), la abertura del recipiente 82 se puede asentar en el puerto de recipientes 92. Mover el recipiente 80 rápidamente desde el molde 22 hasta el puerto de recipientes 92 reduce el polvo u otras impurezas que puedan alcanzar la superficie 88 y ocluir o impedir la adhesión de la barrera u otro tipo de revestimiento 90. Además, cuanto más rápido se cree el vacío en el recipiente 80 una vez fabricado, menos oportunidad tendrán cualesquiera impurezas particuladas de adherirse a la superficie interior 88.

50 III.A. Se puede proporcionar un soporte de recipientes, tal como 50, que comprende un puerto de recipientes 92. La abertura 82 del recipiente 80 se puede asentar en el puerto de recipientes 92. Previamente, durante o después de asentar la abertura 82 del recipiente 80 en el puerto de recipientes 92, el soporte de recipientes, tal como 40, (por ejemplo, en la FIG. 6) se puede transportar acoplado a una o más de las superficies de apoyo 220-240 para posicionar el soporte de recipientes 40 con respecto al dispositivo o la estación de procesamiento tal como 24.

5 III.A. Una o más de una o todas las estaciones de procesamiento, tales como 24-34, como ilustra la estación 24 en la FIG. 6, pueden incluir una superficie de apoyo, tal como una o más de las superficies de apoyo 220, 222, 224, 226, 228, 230, 232, 234, 236, 238 ó 240, para mantener uno o más soportes de recipientes, tales como 40, en una posición
 10 predeterminada mientras se procesa la superficie interior 88 del recipiente asentado 80 en la estación o el dispositivo de procesamiento tal como 24. Estas superficies de apoyo pueden formar parte de una estructura estacionaria o móvil, por ejemplo, vías o carriles que guían y posicionan el soporte de recipientes, tal como 40, mientras el recipiente está siendo
 15 procesado. Por ejemplo, las superficies de apoyo que miran hacia abajo 222 y 224 fijan el soporte de recipientes 40 y actúan como una superficie de reacción para evitar que el soporte de recipientes 40 se mueva hacia arriba cuando se inserta la sonda 108 en el soporte de recipientes 40. La superficie de reacción 236 fija el soporte de recipientes y evita que el soporte de recipientes 40 se mueva hacia la izquierda mientras se asienta una fuente de vacío 98 (como en la FIG. 2) en el puerto de vacío 96. Las superficies de apoyo 220, 226, 228, 232, 238 y 240 fijan de forma análoga el soporte de recipientes 40 y evitan que se mueva horizontalmente durante el procesamiento. Las superficies de apoyo 230 y 234 fijan de forma similar el soporte de recipiente, tal como 40, y evitan que se mueva verticalmente fuera de posición. Por consiguiente, puede proporcionarse una primera superficie de apoyo, una segunda superficie de apoyo, una tercera superficie de apoyo o más en cada una de las estaciones de procesamiento tales como 24-34.

20 III.A. La superficie interior 88 del recipiente asentado 80 se puede procesar posteriormente a través del puerto de recipientes 92 en la primera estación de procesamiento, que puede consistir, por ejemplo, en la aplicación de una barrera o puede ser otro tipo de estación de revestimiento 28 mostrada en la FIG. 2. El soporte de recipientes 50 y el recipiente asentado 80 se transportan desde la primera estación de procesamiento 28 hasta la segunda estación de procesamiento, por ejemplo, la estación de procesamiento 32. La superficie interior 88 del recipiente asentado 80 puede procesarse a través del puerto de recipientes 92 en la segunda estación de procesamiento tal como 32.

III.A. Cualquiera de los métodos anteriores puede incluir la etapa adicional de retirar el recipiente 80 del soporte de recipientes, tal como 66, procesando posteriormente la superficie interior 88 del recipiente asentado 80 en la segunda estación o dispositivo de procesamiento.

25 III.A. Cualquiera de los métodos anteriores puede incluir, después de la etapa de retirar, la etapa adicional de proporcionar un segundo recipiente 80 con una abertura 82 y una pared 86 que define una superficie interior 88. La abertura 82 del segundo recipiente, tal como 80, se puede asentar en el puerto de recipientes 92 de otro soporte de recipientes tal como 38. La superficie interior del segundo recipiente asentado 80 puede procesarse a través del puerto de recipientes 92 en la primera estación o dispositivo de procesamiento tal como 24. El soporte de recipientes, tal como 38, y el segundo recipiente
 30 asentado 80 se pueden transportar desde la primera estación o dispositivo de procesamiento 24 hasta la segunda estación o dispositivo de procesamiento tal como 26. El segundo recipiente asentado 80 puede procesarse a través del puerto de recipientes 92 en la segunda estación de procesamiento tal como 26.

III.B. Transporte de dispositivos de procesamiento hacia soportes de recipientes o viceversa.

35 III.B. O las estaciones de procesamiento pueden ser más ampliamente dispositivos de procesamiento y los soportes de recipientes pueden transportarse con respecto a los dispositivos de procesamiento o los dispositivos de procesamiento pueden transportarse con respecto a los soportes de recipientes o parte de cada instalación puede proporcionarse en un sistema dado. En otra instalación, los soportes de recipientes pueden transportarse a una o más estaciones y más de un dispositivo de procesamiento puede instalarse en o cerca de al menos una de las estaciones. Por consiguiente, no existe necesariamente una correspondencia uno a uno entre los dispositivos de procesamiento y las estaciones de procesamiento.

40 III.B. Se contempla un método que incluye varias partes para procesar un recipiente. Se proporcionan un primer dispositivo de procesamiento, tal como la sonda 108 (FIG. 2), y un segundo dispositivo de procesamiento, tal como una fuente de luz 170 (FIG. 10), para procesar recipientes tales como 80. Se proporciona un recipiente 80 con una abertura 82 y una pared 86 que define una superficie interior 88. Se proporciona un soporte de recipientes 50 que comprende un puerto de recipientes 92. La abertura 82 del recipiente 80 se asienta en el puerto de recipientes 92.

45 III.B. El primer dispositivo de procesamiento, tal como la sonda 108, se mueve acoplado funcionalmente al soporte de recipientes 50 o viceversa. La superficie interior 88 del recipiente asentado 80 se procesa a través del puerto de recipientes 92 usando el primer dispositivo de procesamiento o sonda 108.

50 III.B. El segundo dispositivo de procesamiento, tal como la sonda 170 (FIG. 10), se mueve posteriormente acoplado funcionalmente al soporte de recipientes 50 o viceversa. La superficie interior 88 del recipiente asentado 80 se procesa a través del puerto de recipientes 92 usando el segundo dispositivo de procesamiento tal como la fuente de luz 170.

III.B. Opcionalmente, se puede proporcionar un número cualquiera de etapas de procesamiento adicionales. Por ejemplo, se puede proporcionar un tercer dispositivo de procesamiento 34 para procesar recipientes 80. El tercer dispositivo de procesamiento 34 se puede mover para crear un acoplamiento operativo con el soporte de recipientes 50 o viceversa. La

superficie interior del recipiente asentado 80 puede procesarse a través del puerto de recipientes 92 usando el tercer dispositivo de procesamiento 34.

5 III.B. En otro método para procesar un recipiente, se pueden proporcionar un recipiente 80 con una abertura 82 y una pared 86 que define una superficie interior 88. Se puede proporcionar un soporte de recipientes, tal como 50, que comprende un puerto de recipientes 92. La abertura 82 del recipiente 80 se puede asentar en el puerto de recipientes 92. La superficie interior 88 del recipiente asentado 80 se puede procesar a través del puerto de recipientes 92 en el primer dispositivo de procesamiento, que puede ser, por ejemplo, la barrera u otro tipo de dispositivo de revestimiento 28 mostrado en la FIG. 2. El soporte de recipientes 50 y el recipiente asentado 80 se transportan desde el primer dispositivo de procesamiento 28 hasta el segundo dispositivo de procesamiento, por ejemplo, el dispositivo de procesamiento 34 mostrado en las FIGS. 1 y 10. La superficie interior 88 del recipiente asentado 80 puede procesarse posteriormente a través del puerto de recipientes 92 en el segundo dispositivo de procesamiento tal como 34.

III.C. Uso de una herramienta de sujeción para transportar tubos desde y hacia una estación de revestimiento

15 III.C. Otra realización más es un método para tratar por PECVD un primer recipiente que incluye varias etapas. Se proporciona un primer recipiente que tiene un extremo abierto, un extremo cerrado y una superficie interior. Al menos una primera herramienta de sujeción está configurada para sujetar y liberar selectivamente el extremo cerrado del primer recipiente. El extremo cerrado del primer recipiente se sujeta con la primera herramienta de sujeción y, utilizando la primera herramienta de sujeción, se transporta cerca del soporte de recipientes configurado para asentar el extremo abierto del primer recipiente. A continuación, la primera herramienta de sujeción se utiliza para hacer que el primer recipiente avance axialmente y asentar su extremo abierto en el soporte de recipientes, de esta forma se establece una comunicación sellada entre el soporte de recipientes y el interior del primer recipiente.

20 III.C. Al menos un reactivo gaseoso se introduce dentro del primer recipiente a través del soporte de recipientes. Se forma plasma dentro del primer recipiente en condiciones efectivas para formar un producto de reacción del reactivo sobre la superficie interior del primer recipiente.

25 III.C. A continuación se retira el primer recipiente del soporte de recipientes y, usando la primera herramienta de sujeción u otra herramienta de sujeción, se transporta el primer recipiente axialmente lejos del soporte de recipientes. Posteriormente, el primer recipiente se libera de la herramienta de sujeción utilizada para transportarlo axialmente lejos del soporte de recipientes.

30 III.C. Haciendo referencia nuevamente a las FIGS. 16 y 49, puede usarse un transportador en serie 538 para sostener y transportar múltiples herramientas de sujeción, tales como 204, a lo largo del aparato y procesar tal como se describe en la presente. Las herramientas de sujeción 204 están conectadas funcionalmente al transportador en serie 538 y están configuradas para transportar sucesivamente una serie de al menos dos recipientes 80 hasta cerca del soporte de recipientes 48 y llevar a cabo las otras etapas del método de limpieza tal como se describe en la presente.

Aparato de pecvd para fabricar recipientes

35 IV.A. Aparato de PECVD que incluye un soporte de recipientes, un electrodo interno y un recipiente como cámara de reacción

40 IV.A. Otra realización es un aparato de PECVD que incluye un soporte de recipientes, un electrodo interno, un electrodo externo y una fuente de alimentación. Un recipiente asentado en un soporte de recipientes define una cámara de reacción de plasma que opcionalmente puede ser una cámara de vacío. Opcionalmente, pueden suministrarse una fuente de vacío, una fuente de gas reactivo, una alimentación de gas o una combinación de dos o más de estos. Opcionalmente, se proporciona un drenaje de gas, que no incluye necesariamente una fuente de vacío, para transferir gas desde o hacia el interior de un recipiente asentado en el puerto para definir una cámara cerrada.

IV.A. El aparato de PECVD puede usarse para PECVD a presión atmosférica, en cuyo caso no es necesario que la cámara de reacción de plasma funcione como una cámara de vacío.

45 IV.A. En la realización ilustrada en la FIG. 2, el soporte de recipientes 50 comprende un puerto de entrada de gas 104 para transportar un gas hacia el recipiente asentado en el puerto de recipientes. El puerto de entrada de gas 104 tiene un sello deslizante proporcionado por al menos una junta tórica 106, o dos juntas tóricas en serie, o tres juntas tóricas en serie, que se pueden asentar contra una sonda cilíndrica 108 cuando la sonda 108 se inserta a través del puerto de entrada de gas 104. La sonda 108 puede ser un conducto de entrada de gas que se extiende hasta un puerto de suministro de gas en su extremo distal 110. El extremo distal 110 de la realización ilustrada se puede insertar profundamente en el recipiente 80 para proporcionar uno o más reactivos de PECVD y otros gases de proceso.

- 5 IV.A. Opcionalmente, en la realización ilustrada en la FIG. 2 o más generalmente en cualquier realización descrita, tal como en las realizaciones de las FIGS. 1-5, 8, 9, 12-16, 18, 19, 21, 22, 26-28, 33-35, 37-49 o 52-55, y la descrita específicamente en la FIG. 55, se puede proporcionar una pantalla de plasma 610 para confinar el plasma formado en el recipiente 80 generalmente hasta el volumen superior a la pantalla de plasma 610. La pantalla de plasma 610 es un material poroso, conductor, varios ejemplos del cual son lana de acero, metal sinterizado poroso o material cerámico revestido con material conductor, o una placa o disco foraminoso de metal (por ejemplo, latón) u otro material conductor. Un ejemplo es un par de discos de metal que tienen agujeros centrales ajustados para pasar la entrada de gas 108 y que tienen agujeros de 0.02 pulgadas (0.5 mm) de diámetro separados por 0.04 pulgadas (1 mm), de centro a centro, proporcionando los agujeros un 22% de área abierta como una proporción del área superficial del disco.
- 10 IV.A. La pantalla de plasma 610, particularmente para realizaciones en las que la sonda 108 también funciona como un contraelectrodo, puede hacer contacto eléctrico íntimo con la entrada de gas 108 cerca o en la abertura 82 del tubo, cilindro de jeringa u otro recipiente 80 que se está procesando. Como alternativa, la pantalla de plasma 610 puede estar conectada a tierra, preferentemente, con un potencial común con la entrada de gas 108. La pantalla de plasma 610 reduce o elimina el plasma en el soporte de recipientes 50 y su pasos internos y conexiones, por ejemplo, el conducto de vacío 94, el puerto de entrada de gas 104, los alrededores de la junta tórica 106, el puerto de vacío 96, la junta tórica 102 y otro aparato adyacente a la entrada de gas 108. Al mismo tiempo, la porosidad de la pantalla de plasma permite la salida de gases de proceso, aire y similares del recipiente 80 al puerto de vacío 96 y el aparato posterior.
- 20 IV.A. En la estación de revestimiento 28 ilustrada en la FIG. 3, el soporte de recipientes 112 comprende un puerto de entrada de gas y un puerto de vacío 96 compuestos en comunicación con el puerto de recipientes 92, respectivamente para transportar un gas hacia un recipiente 80 asentado en el puerto de recipientes 92 (a través de la sonda 108) y retirar un gas de un recipiente asentado en el puerto de recipientes 92 (a través de la fuente de vacío 98). En esta realización, la sonda de entrada de gas 108 y la fuente de vacío 98 pueden proporcionarse como una sonda compuesta. Las dos sondas pueden avanzar como una unidad o por separado, según se desee. Esta instalación elimina la necesidad de un tercer sello 106 y permite el uso de sellos a tope en todas partes. Un sello a tope permite la aplicación de una fuerza axial, por ejemplo, vaciando el recipiente 80, para asentar positivamente el recipiente 80 y la fuente de vacío 98 deformando las juntas tóricas, tendiendo a cerrar cualquier separación provocada por irregularidades en la superficie de sellado en cualquier lado de la junta tórica. En la realización de la FIG. 3, las fuerzas axiales aplicadas por el recipiente 80 y la fuente de vacío 98 en el soporte de recipientes 112 están opuestas, tendiendo a mantener el recipiente 80 y el soporte de recipientes 112 juntos y los respectivos sellos a tope.
- 30 IV.A. La FIG. 13 es una vista similar a la FIG. 2 de un soporte de recipientes 48 en una estación de revestimiento de acuerdo con otra realización más de la descripción, donde el recipiente 80 puede asentarse en el soporte de recipientes 48 en la estación de procesamiento. Este puede usarse para procesar un recipiente 80 que no se desplaza con un soporte de recipientes, tal como 48, o puede usarse en una barrera u otro tipo de estación de revestimiento 28 que primero asienta el recipiente 80 en un soporte de recipientes, tal como 48, antes de que el recipiente asentado 80 sea transportado a otro aparato por el sistema 20.
- 40 IV.A. La FIG. 13 muestra un electrodo cilíndrico 160 adecuado para frecuencias de 50 Hz a 1 GHz, como una alternativa al electrodo en forma de U de las FIGS. 2 y 9. El soporte de recipientes (o el electrodo) puede colocarse en posición antes de la activación moviendo el electrodo hacia abajo o el soporte de recipientes hacia arriba. O el movimiento del soporte de recipientes y el electrodo en el plano vertical puede evitarse creando un electrodo 160 construido como una concha (dos mitades de cilindros que se unen desde lados opuestos cuando el soporte de recipientes está en posición y listo para el tratamiento/revestimiento). IV.A. Opcionalmente, en la estación de revestimiento 28 la fuente de vacío 98 crea un sello con el disco o soporte de recipientes 50 que se puede conservar durante el movimiento del soporte de recipientes, si el proceso es un proceso continuo en el que el tubo se mueve a lo largo de la estación de revestimiento, tal como 28, mientras se crea el vacío y se introduce gas a través de la sonda 108. O se puede emplear un proceso estacionario en el que el disco o el soporte de recipientes 50 se coloca en una posición estacionaria, momento en el que la sonda 108 se empuja hacia arriba penetrando en el dispositivo y posteriormente la bomba o fuente de vacío 98 se acopla al puerto de vacío 96 y se activa para crear un vacío. Una vez que la sonda 108 están en posición y se creó vacío, el plasma puede establecerse dentro del tubo o recipiente 80 con un electrodo fijo externo 160 que es independiente del disco o soporte de recipientes 50 y el tubo u otro recipiente 80.
- 50 IV.A. La FIG. 53 muestra detalles opcionales adicionales sobre la estación de revestimiento 28 que se pueden utilizar, por ejemplo, en las realizaciones de las FIGS. 1, 2, 3, 6-10, 12-16, 18, 19, 21, 22, 26-28, 30, 33-35, 37-44 y 52. La estación de revestimiento 28 también puede tener una válvula de vacío principal 574 en su línea de vacío 576 que conduce al sensor de presión 152. Se proporciona una válvula de desviación manual 578 en la línea de desviación 580. Una válvula de ventilación 582 controla el flujo en la ventilación 404.
- 55 IV.A. El flujo de salida de la fuente de gas de PECVD 144 es controlado por una válvula de gas reactivo principal 584 que regula el flujo a través de la línea de alimentación de reactivo principal 586. Un componente de la fuente de gas 144 es el

depósito de líquido organosilícico 588. El contenido del depósito 588 se extrae a través de la línea capilar de organosilicio 590, que se proporciona a una longitud adecuada para obtener la tasa de flujo deseada. El flujo de vapor organosilícico es controlado por la válvula de apagado de organosilicio 592. Se aplica presión al espacio libre 614 del depósito de líquido 588, por ejemplo, una presión en el rango de 0-15 psi (0 a 78 cm.Hg), procedente de una fuente de presión 616, tal como aire presurizado conectado al espacio libre 614 mediante una línea de presión 618, para establecer un suministro de líquido organosilícico repetible que no depende de la presión atmosférica (y las fluctuaciones en esta). El depósito 588 se sella y la conexión capilar 620 está en el fondo del depósito 588 para garantizar que solamente fluya líquido organosilícico limpio (no el gas presurizado del espacio libre 614) a través del tubo capilar 590. El líquido organosilícico opcionalmente se puede calentar a una temperatura superior a la temperatura ambiente, en caso necesario o deseable, para hacer que el líquido organosilícico se evapore y se forme un vapor organosilícico. Se proporciona oxígeno procedente de un tanque de oxígeno 594 a través de una línea de alimentación de oxígeno 596 controlada mediante un controlador de flujo másico 598 y dotada de una válvula de apagado de oxígeno 600.

IV.A. En la realización de la FIG. 7, la estación o el dispositivo 26 puede incluir una fuente de vacío 98 adaptada para asentarse en el puerto de vacío 96, un canal lateral 134 conectado a la sonda 108 o ambos (tal como se ilustra). En la realización ilustrada, el canal lateral 134 incluye una válvula de apagado 136 que regula el flujo entre un puerto de sonda 138 y un puerto de vacío 140. En la realización ilustrada, la válvula de selección 136 tiene al menos dos estados: un estado de evacuación en el que los puertos 138 y 140 están conectados, se proporcionan así dos pasos paralelos para el flujo de gas (lo cual aumenta la tasa de bombeo o disminuye el esfuerzo de bombeo) y un estado de desconexión en el que los puertos 138 y 140 están aislados. Opcionalmente, la válvula de selección 136 puede tener un tercer puerto, tal como un puerto de entrada de gas de PECVD 142, para introducir gases reactivos y de proceso de PECVD procedentes de una fuente de gas 144. Este recurso permite que el mismo suministro de vacío y la sonda 108 se puedan utilizar tanto para pruebas de detección de fugas o permeación y para aplicar la barrera u otro tipo de revestimiento.

IV.A. En las realizaciones ilustradas, la línea de vacío, tal como 146, hasta la fuente de vacío 98 también puede incluir una válvula de apagado 148. Las válvulas de apagado 136 y 148 pueden cerrarse cuando la sonda 108 y la fuente de vacío 98 no están conectadas a un soporte de recipientes, tal como 44, de modo que no es necesario vaciar el canal lateral 134 y la línea de vacío 146 al costado de las válvulas 136 y 148 lejos del recipiente 80 cuando se mueven de un soporte de recipientes 44 a otro. Para facilitar la remoción de la sonda 108 axialmente desde el puerto de entrada de gas 104, se puede proporcionar una línea flexible 150 para permitir el movimiento axial de la sonda 108 independiente de la posición de la línea de vacío 146 con respecto al puerto 96.

IV.A. La FIG. 7 también muestra otra característica opcional que se puede utilizar en cualquier realización - una ventilación 404 hasta el aire ambiental controlada por una válvula 406. La válvula 406 se puede abrir para romper el vacío rápidamente después de procesar el recipiente 80, ya sea para liberar el recipiente 80 del soporte de recipientes 44, para liberar el soporte de recipientes 44 en el puerto de vacío 96 desde la fuente de vacío 98 o opcionalmente ambas.

IV.A. En la realización ilustrada (haciendo referencia aún a la FIG. 7), la sonda 108 también se puede conectar a una válvula de presión 152 y puede comunicarse con el interior 154 del recipiente 80, lo cual permite medir la presión dentro del recipiente 80.

IV.A. En el aparato de la FIG. 1, la estación de revestimiento de recipientes 28 puede ser, por ejemplo, un aparato de PECVD como el que se describe en detalle más adelante, que funciona en condiciones adecuadas para depositar una barrera de SiO_x u otro tipo de revestimiento 90 sobre la superficie interior 88 de un recipiente 80, tal como se muestra en la FIG. 2.

IV.A. Haciendo referencia especialmente a las FIGS. 1 y 2, la estación de procesamiento 28 puede incluir un electrodo 160 alimentado mediante una fuente de alimentación de radiofrecuencia 162 para proporcionar un campo eléctrico que genera un plasma dentro del recipiente 80 durante el procesamiento. En esta realización, la sonda 108 también es electroconductora y está conectada a tierra, de este modo proporciona un contraelectrodo dentro del recipiente 80. Como alternativa, en cualquier realización, el electrodo externo 160 se puede conectar a tierra y la sonda 108 se conecta directamente a la fuente de alimentación 162.

IV.A. En la realización de la FIG. 2, el electrodo externo 160 puede ser generalmente cilíndrico como el ilustrado en las FIGS. 2 y 8 o como un canal en forma de U generalmente elongado como el ilustrado en las FIGS. 2 y 9 (siendo las FIGS. 8 y 9 realizaciones alternativas de la sección tomada a lo largo de la línea de sección A—A de la FIG. 2). Cada realización ilustrada tiene una o más paredes laterales, tales como 164 y 166, y opcionalmente un extremo superior 168, todos ellos dispuestos alrededor del recipiente 80 de forma cercana.

IV.A., IV.B. Las FIGS. 12-19 muestran otras variantes de la estación o dispositivo de revestimiento de recipientes 28 tal como se describió previamente. Una o más cualesquiera de estas variantes puede sustituirse por una estación o dispositivo de revestimiento de recipientes 28 que se muestra en la FIG. 1-5.

IV.A. La FIG. 12 muestra un sistema de electrodos alternativo que se puede utilizar (de la misma forma que se discute anteriormente utilizando el mismo soporte de recipientes y entrada de gas) a frecuencias superiores a 1 GHz. A estas frecuencias, la energía eléctrica de la fuente de alimentación puede transferirse hacia el interior del tubo a través de una o más guías de onda que están conectadas a una cavidad que absorbe la energía o resuena la energía. Resonar la energía permite que se acople al gas. Se pueden proporcionar diferentes cavidades para uso con diferentes frecuencias y recipientes, tales como 80, ya que el recipiente 80 interactuará con la cavidad alterando su punto de resonancia, creando plasma para el revestimiento y/o para el tratamiento.

IV.A. La FIG. 12 muestra que la estación de revestimiento 28 puede incluir una fuente de alimentación de microondas 190 que dirige microondas a través de una guía de microondas 192 hasta una cavidad de microondas 194 que rodea al menos parcialmente el recipiente 80 dentro del cual se puede generar plasma. La cavidad de microondas 194 puede ajustarse con respecto a la frecuencia de las microondas y las presiones parciales y selección de gases, para absorber microondas y acoplarse al gas que genera plasma. En la FIG. 13, así como también en cualquiera de las realizaciones ilustradas, puede haber un espacio pequeño 196 entre el recipiente 80 y la cavidad 194 (o el electrodo, el detector u otra estructura que lo rodea) para evitar raspar u otro tipo de deterioro del recipiente 80. Además, en la FIG. 13, la cavidad de microondas 194 tiene una pared posterior plana 198, de forma que el espacio 196 no tiene una anchura uniforme, particularmente opuesta al borde circular de la pared posterior 198. Opcionalmente, el extremo 198 puede estar curvado para proporcionar un espacio sustancialmente uniforme 196. IV.A. La FIG. 44 es una vista similar a la FIG. 2 de un tubo de suministro de gas/electrodo interno alternativos 470 que pueden utilizarse, por ejemplo, en las realizaciones de las FIGS. 1, 2, 3, 8, 9, 12-16, 18-19, 21-22, 33, 37-43, 46-49 y 52-54. Tal como se muestra en la FIG. 44, la porción distal 472 del electrodo interno 470 comprende una pared lateral porosa elongada 474 que contiene un paso interno 476 dentro del electrodo interno. El paso interno 476 está conectado a la alimentación de gas 144 a través de la porción proximal 478 del electrodo interno 470 que se extiende hacia el exterior del recipiente 80. El extremo distal 480 del electrodo interno 470 también puede ser opcionalmente poroso. La porosidad de la pared lateral porosa 474 y, si está presente, el extremo distal poroso 480 permite que al menos una porción de la alimentación de gas reactivo procedente de la alimentación de gas 144 escape lateralmente del paso 476 para suministrar gas reactivo a la porción adyacente de la superficie interior 88 del recipiente 80. En esta realización, la porción porosa de la pared lateral porosa 474 se extiende la longitud completa del electrodo interno 470 dentro del recipiente 80, aunque la porción porosa puede ser menos extensa, extendiéndose solamente una porción de la longitud del electrodo interno 470. Como se indica en otras partes de esta descripción, el electrodo interno 470 también puede ser más largo o más corto, respecto a la longitud del recipiente 80, de lo que se muestra en la FIG. 44, y la porción porosa puede ser continua o discontinua.

IV.A. El diámetro externo del electrodo interno 470 puede ser al menos un 50% o al menos un 60% o al menos un 70% o al menos un 80% o al menos un 90% o al menos un 95% del diámetro interno lateralmente adyacente del recipiente. El empleo de un electrodo interno de mayor diámetro 470, con respecto al diámetro interno del recipiente 80, particularmente, si el electrodo 470 es concéntrico con el recipiente 80, reduce la distancia entre el exterior del electrodo interno 470 y la superficie interior adyacente 88 del recipiente 80 aislando el plasma en una región más pequeña dentro de la cual puede ser más uniforme. El empleo de un electrodo interno de mayor diámetro 470 también proporciona una distribución más uniforme del gas reactivo y/o gas portador a lo largo de la superficie interior 80, a medida que se introducen gases nuevos al plasma en puntos separados de forma cercana a lo largo de la superficie interna 88, muy cercana al sitio de la reacción inicial, a diferencia de fluir desde un único punto con respecto a la superficie interna 88 a formar.

IV.A. En una instalación contemplada, que se muestra en líneas continuas, la fuente de alimentación 162 tiene una conexión de potencia al electrodo 200, que puede estar en cualquier punto a lo largo del electrodo 200 y la sonda 108 puede estar conectada a tierra. En esta configuración, se puede utilizar una carga capacitiva para generar el plasma en el recipiente 80. En otra instalación contemplada, que se muestra en líneas virtuales (y eliminando las conexiones que se muestran en líneas continuas), las tomas de alimentación respectivas de la fuente de alimentación 162 se conectan a los extremos respectivos de la bobina 200, que por conveniencia puede denominarse nuevamente "electrodo" en esta descripción. En esta configuración, se puede utilizar una carga inductiva para generar el plasma en el recipiente 80. También se pueden utilizar cargas inductivas y capacitivas en una realización alternativa.

IV.A. Las FIGS. 46-48 muestran un arreglo de dos o más tubos de suministro de gas, tales como 108 (también mostrados en la FIG. 2), 510 y 512, que también son electrodos internos. El arreglo puede ser lineal o en carrusel. Un arreglo en carrusel permite que los electrodos se reutilicen periódicamente.

IV.A. Las FIGS. 46-48 también muestran un extensor y retractor de electrodo interno 514 para insertar y retirar los tubos de suministro de gas/electrodos internos 108, 510 y 512 desde y hasta uno o más soportes de recipientes tales como 50 ó 48. Estas características son recursos opcionales para usar los tubos de suministro de gas.

IV.A. En una realización ilustrada, haciendo referencia a las FIGS. 46-48, así como también a 53, los electrodos internos 108, 510 y 512 están conectados respectivamente mediante mangueras flexibles 516, 518 y 520 a un suministro de gas común 144 a través de válvulas de apagado 522, 524 y 526 (las mangueras flexibles se acortan en las FIGS. 46-48

omitiendo las porciones de huelgo). Haciendo referencia brevemente a la FIG. 56, las mangueras flexibles 516, 518 y 520 pueden estar conectadas de forma alternativa a fuentes de gas independientes 144. Se proporciona un mecanismo 514 para extender o retraer un electrodo interno tal como 108. El extensor y retractor de electrodo interno están configurados para mover un electrodo interno entre una posición completamente avanzada, una posición intermedia y una posición retraída con respecto al soporte de recipientes.

IV.A. En las FIGS. 46 y 56, el electrodo interno 108 se extiende hasta su posición funcional dentro del soporte de recipientes 50 y el recipiente 80, y se abre su válvula de apagado 522. También en la FIG. 46, los electrodos internos inactivos 510 y 512 se retraen y sus válvulas de apagado 524 y 526 se cierran. En la realización ilustrada, uno o más de los electrodos internos inactivos 510 y 512 están dispuestos en un dispositivo o estación de limpieza de electrodos 528. Se pueden limpiar uno o más electrodos y otros se pueden reemplazar en la estación 528, opcionalmente. Como ejemplos no taxativos, las operaciones de limpieza pueden implicar una reacción química o el tratamiento con disolventes para eliminar depósitos, molienda para eliminar depósitos físicamente o el tratamiento con plasma para quemar los depósitos acumulados.

IV.A. En la FIG. 47, los electrodos internos inactivos 510 y 512 son iguales a los anteriores, mientras que el electrodo de trabajo interno 108 se ha retraído en el recipiente 80, permaneciendo su extremo distal dentro del soporte de recipientes 50, y su válvula 522 se ha cerrado. En esta condición, el recipiente 80 puede retirarse y un nuevo recipiente puede asentarse en el soporte de recipientes 50 sin que exista ningún riesgo de tocar el electrodo 108 con los recipientes 80 que se retiran y reemplazan. Después de reemplazar el recipiente 80, el electrodo interno 108 puede avanzar hasta la posición de las FIGS. 46 y 56 y la válvula de apagado 522 puede volver a abrirse para comenzar a revestir el nuevo recipiente 80 usando el mismo electrodo interno 108 que se usó anteriormente. Por consiguiente, en una instalación en la que una serie de recipientes 80 se asientan y se retiran del soporte de recipientes 50, el electrodo interno 108 puede extenderse y retraerse parcialmente numerosas veces, a medida que el recipiente 80 se instala o retira del soporte de recipientes 50 en la estación donde el electrodo interno 108 está en uso.

IV.A. En la FIG. 48, el soporte de recipientes 50 y su recipiente 80 han sido reemplazados con un nuevo soporte de recipientes 48 y otro recipiente 80. Haciendo referencia a la FIG. 1, en este tipo de realización cada recipiente 80 permanece en su soporte de recipientes, tales como 50 ó 48, y un electrodo interno, tal como 108, se inserta en cada recipiente cuando su soporte de recipientes alcanza la estación de revestimiento.

IV.A. Adicionalmente en la FIG. 48, los electrodos internos 108, 510 y 512 están completamente retraídos y el arreglo de electrodos internos 108, 510 y 512 se ha desplazado hacia la derecha respecto al soporte de recipientes 48 y la estación de limpieza de electrodos 528, en comparación con las posiciones de cada uno en la FIG. 47, de forma que el electrodo interno 108 se ha retirado de la posición, y el electrodo interno 510 se ha colocado en posición con respecto al soporte de recipientes 48.

IV.A. Deberá sobrentenderse que el movimiento del arreglo de electrodos internos puede ser independiente del movimiento de los soportes de recipientes. Pueden moverse juntos o de forma independiente, para cambiar simultánea o independientemente a un nuevo soporte de recipientes y/o un nuevo electrodo interno.

IV.A. Las FIGS. 46-48 muestran un arreglo de dos o más tubos de suministro de gas, tales como 108 (también mostrados en la FIG. 2), 510 y 512, que también son electrodos internos. El arreglo puede ser lineal o en carrusel. Un arreglo en carrusel permite que los electrodos se reutilicen periódicamente.

IV.A. Las FIGS. 46-48 también muestran un extensor y retractor de electrodo interno 514 para insertar y retirar los tubos de suministro de gas/electrodos internos 108, 510 y 512 desde y hasta uno o más soportes de recipientes tales como 50 ó 48. Estas características son recursos opcionales para usar los tubos de suministro de gas.

IV.A. En una realización ilustrada, haciendo referencia a las FIGS. 46-48, así como también a 53, los electrodos internos 108, 510 y 512 están conectados respectivamente mediante mangueras flexibles 516, 518 y 520 a un suministro de gas común 144 a través de válvulas de apagado 522, 524 y 526 (las mangueras flexibles se acortan en las FIGS. 46-48 omitiendo las porciones de huelgo). Se proporciona un mecanismo 514 para extender o retraer un electrodo interno tal como 108. El extensor y retractor de electrodo interno están configurados para mover un electrodo interno entre una posición completamente avanzada, una posición intermedia y una posición retraída con respecto al soporte de recipientes.

IV.A. En las FIGS. 46 y 56, el electrodo interno 108 se extiende hasta su posición funcional dentro del soporte de recipientes 50 y el recipiente 80, y se abre su válvula de apagado 522. Además, en las FIGS. 46 y 56, los electrodos internos inactivos 510 y 512 se retraen y sus válvulas de apagado 524 y 526 se cierran. En la realización ilustrada, los electrodos internos inactivos 510 y 512 están dispuestos en una estación de limpieza de electrodos 528. Se pueden limpiar algunos electrodos y otros se pueden reemplazar en la estación 528, opcionalmente. Como ejemplos no taxativos, las operaciones de limpieza pueden implicar una reacción química o el tratamiento con disolventes para eliminar depósitos,

molienda para eliminar depósitos físicamente o el tratamiento con plasma para esencialmente quemar los depósitos acumulados.

5 IV.A. En la FIG. 47, los electrodos internos inactivos 510 y 512 son iguales a los anteriores, mientras que el electrodo de trabajo interno 108 se ha retraído en el recipiente 80, permaneciendo su extremo distal dentro del soporte de recipientes 50, y su válvula 522 se ha cerrado. En esta condición, el recipiente 80 puede retirarse y un nuevo recipiente puede asentarse en el soporte de recipientes 50 sin que exista ningún riesgo de tocar el electrodo 108 con los recipientes 80 que se retiran y reemplazan. Después de reemplazar el recipiente 80, el electrodo interno 108 puede avanzar hasta la posición de las FIGS. 46 y 56 y la válvula de apagado 522 puede volver a abrirse para comenzar a revestir el nuevo recipiente 80 usando el mismo electrodo interno 108 que se usó anteriormente. Por consiguiente, en una instalación en la que una serie de recipientes 80 se asientan y se retiran del soporte de recipientes 50, el electrodo interno 108 puede extenderse y retraerse parcialmente numerosas veces, a medida que el recipiente 80 se instala o retira del soporte de recipientes 50 en la estación donde el electrodo interno 108 está en uso.

15 IV.A. En la FIG. 48, el soporte de recipientes 50 y su recipiente 80 han sido reemplazados con un nuevo soporte de recipientes 48 y otro recipiente 80. Haciendo referencia a la FIG. 1, en este tipo de realización cada recipiente 80 permanece en su soporte de recipientes, tales como 50 ó 48, y un electrodo interno, tal como 108, se inserta en cada recipiente cuando su soporte de recipientes alcanza la estación de revestimiento.

20 IV.A. Adicionalmente en la FIG. 48, los electrodos internos 108, 510 y 512 están completamente retraídos y el arreglo de electrodos internos 108, 510 y 512 se ha desplazado hacia la derecha respecto al soporte de recipientes 48 y la estación de limpieza de electrodos 528, en comparación con las posiciones de cada uno en la FIG. 47, de forma que el electrodo interno 108 se ha retirado de la posición, y el electrodo interno 510 se ha colocado en posición con respecto al soporte de recipientes 48.

IV.A. Deberá sobrentenderse que el movimiento del arreglo de electrodos internos puede ser independiente del movimiento de los soportes de recipientes. Pueden moverse juntos o de forma independiente, para cambiar simultánea o independientemente a un nuevo soporte de recipientes y/o un nuevo electrodo interno.

25 IV.A. Un arreglo de uno o más electrodos internos 108, 510 y 512 es útil porque los tubos de suministro de gas / electrodos internos individuales combinados 108, 510 y 512 en algunas instancias tenderán a acumular gases reactivos polimerizados o algún otro tipo de depósito a medida que se usan para revestir una serie de recipientes tales como 80. Los depósitos pueden acumularse hasta el punto en que disminuyen la tasa de revestimiento o la uniformidad producida, lo cual puede no ser deseable. Para mantener un proceso uniforme, los electrodos internos pueden retirarse periódicamente de funcionamiento, reemplazarse o limpiarse y un electrodo nuevo o limpio puede ponerse en funcionamiento. Por ejemplo, de la FIG. 46 a la FIG. 48, el electrodo interno 108 se reemplazó con un electrodo interno nuevo o reacondicionado 510, que está listo para extenderse en el soporte de recipientes 48 y el recipiente 80 para aplicar un revestimiento interior al nuevo recipiente.

35 IV.A. Por consiguiente, se puede hacer funcionar un accionador de electrodo interno 530 junto con el extensor y retractor de electrodo interno 514 para mover un primer electrodo interno 108 de su posición extendida hasta su posición replegada, sustituir un segundo electrodo interno 510 por el primer electrodo interno 108 y mover el segundo electrodo interno 510 hasta su posición extendida (análogo a las FIGS. 46 y 56 excepto por la sustitución del electrodo).

40 IV.A. El arreglo de tubos de suministro de gas de las FIGS. 46-48 y el accionador de electrodo interno 530 pueden utilizarse, por ejemplo, en las realizaciones de las FIGS. 1, 2, 3, 8, 9, 12-16, 18-19, 21-22, 26-28, 33-35, 37-45, 49 y 52-54. El mecanismo de extensión y retracción 514 de las FIGS. 46-48 puede utilizarse, por ejemplo, en las realizaciones de tubo de suministro de gas de las FIGS. 2, 3, 8, 9, 12-16, 18-19, 21-22, 26-28, 33-35, 37-45, 49 y 52-54, así como también con las sondas del aparato de inspección de recipientes de las FIGS. 6 y 7.

45 IV.A. El electrodo 160 que se muestra en la FIG. 2 puede tener forma de un canal en "U" con su longitud en la página y el disco o soporte de recipientes 50 puede moverse a través del electrodo activado (accionado) durante el proceso de tratamiento/revestimiento. Cabe destacar que debido a que se emplean electrodos internos y externos, este aparato puede emplear una frecuencia de entre 50 Hz y 1GHz aplicada desde una fuente de alimentación 162 hasta el electrodo con forma de canal en U 160. La sonda 108 puede estar conectada a tierra para completar el circuito eléctrico, lo cual permite que fluya la corriente a través del gas o los gases a baja presión dentro del recipiente 80. La corriente crea plasma para permitir el tratamiento y/o revestimiento selectivo de la superficie interior 88 del dispositivo.

50 IV.A. El electrodo de la FIG. 2 también puede accionarse con una fuente de alimentación pulsada. La pulsación permite el agotamiento de los gases reactivos y posteriormente la eliminación de subproductos antes de la activación y el agotamiento (nuevamente) de los gases reactivos. Los sistemas de alimentación pulsada se caracterizan típicamente por su ciclo de trabajo que determina la cantidad de tiempo en que está presente el campo eléctrico (y por lo tanto, el plasma). El tiempo de potencia encendida es relativo al tiempo de potencia apagada. Por ejemplo, un ciclo de trabajo del 10% puede

corresponder a un tiempo de potencia encendida de un 10% para un ciclo en el que la potencia estuvo apagada durante el 90% del tiempo. Como ejemplo específico, la potencia puede estar encendida durante 0.1 segundos y apagada durante 1 segundo. Los sistemas de alimentación pulsada reducen la potencia de entrada efectiva para una fuente de alimentación dada 162, ya que el tiempo de potencia apagada hace que el tiempo de procesamiento aumente. Cuando el sistema es pulsado, el revestimiento resultante puede ser muy puro (sin subproductos ni contaminantes). Otro resultado de sistemas pulsados es la posibilidad de conseguir la deposición atómica de capas (ALD, por sus siglas en inglés). En este caso, el ciclo de trabajo puede ajustarse de modo que el tiempo de potencia encendida produzca la deposición de una sola capa de un material deseado. De esta forma, se contempla que una sola capa atómica se deposite en cada ciclo. Este método puede dar como resultado revestimientos muy puros y muy estructurados (aunque a las temperaturas necesarias para la deposición sobre superficies poliméricas, las temperaturas se mantienen preferentemente bajas (<100 °C) y los revestimientos a baja temperatura pueden ser amorfos).

IV.A. Se describe una estación de revestimiento alternativa en la FIG. 12 que emplea una cavidad de microondas en vez de un electrodo externo. La energía aplicada puede ser una frecuencia de microondas, por ejemplo 2.45 GHz.

IV.B. Aparato de PECVD que utiliza una herramienta de sujeción para transportar tubos desde y hacia una estación de revestimiento

IV.B. Otra realización es un aparato para el tratamiento por PECVD de un recipiente que emplea una herramienta de sujeción como la descrita previamente. Las FIGS. 15 y 16 muestran un aparato generalmente indicado en 202 para el tratamiento por PECVD de un primer recipiente 80 que tiene un extremo abierto 82, un extremo cerrado 84 y un espacio interior definido por la superficie 88. Esta realización incluye un soporte de recipientes 48, al menos una primera herramienta de sujeción 204 (en esta realización, por ejemplo, una ventosa), un asiento definido por el puerto de recipientes 92 en el soporte de recipientes 48, un suministro de reactivo 144, un generador de plasma representado por los electrodos 108 y 160, un liberador de recipientes, que puede ser una válvula de ventilación, tal como 534, y la misma herramienta de sujeción 204 o una segunda (de hecho, opcionalmente una segunda herramienta de sujeción 204).

IV.B. La primera herramienta de sujeción 204, y como ilustra cualquiera de las herramientas de sujeción 204, está configurada para soportar y liberar selectivamente el extremo cerrado 84 de un recipiente 80. Mientras sujeta el extremo cerrado 84 del recipiente, la primera herramienta de sujeción 204 puede transportar el recipiente hasta cerca del soporte de recipientes 48. En la realización ilustrada, la función de transporte la facilita un transportador en serie 538 al cual están acopladas las herramientas de sujeción 204 en serie.

IV.B. El soporte de recipientes 48 se ha descrito previamente en relación con otras realizaciones y está configurado para asentar el extremo abierto 82 de un recipiente 80. El asiento definido por el puerto de recipientes 92 se ha descrito previamente en relación con otras realizaciones y está configurado para establecer comunicaciones selladas entre el soporte de recipientes 48 y el espacio interior 88 del primer recipiente y, en este caso, cualquiera de los recipientes 80. El suministro de reactivo 144 se ha descrito previamente en relación con otras realizaciones y está conectado operativamente para introducir al menos un reactivo gaseoso en el primer recipiente 80 a través del soporte de recipientes 48. El generador de plasma definido por los electrodos 108 y 160 ha sido descrito previamente en relación con otras realizaciones y está configurado para formar plasma dentro del primer recipiente en condiciones efectivas para formar un producto de reacción del reactivo en la superficie interior del primer recipiente.

IV.B. El mecanismo de liberación de recipientes 534 u otros recursos, tales como introducir dentro del recipiente asentado 80 un gas reactivo, un gas portador o un gas poco costoso, tal como nitrógeno o aire comprimido, pueden utilizarse para retirar el primer recipiente 80 del soporte de recipientes 48.

IV.B. Las herramientas de sujeción 204 están configuradas para transportar axialmente el primer recipiente 80 lejos del soporte de recipientes 48 y posteriormente liberar el primer recipiente 80, tal como liberando la succión, de entre la herramienta de sujeción 48 y el extremo del recipiente 84.

IV.B. Las FIGS. 15 y 16 también muestran un método de tratamiento por PECVD de un primer recipiente que comprende varias etapas. Se proporciona un primer recipiente 80 que tiene un extremo abierto 82, un extremo cerrado 84 y una superficie interior 88. Al menos una primera herramienta de sujeción 204 está configurada para sujetar y liberar selectivamente el extremo cerrado 84 del primer recipiente 80. El extremo cerrado 84 del primer recipiente 80 se sujeta con la primera herramienta de sujeción 204 y se transporta utilizándola cerca del soporte de recipientes 48 configurado para asentar el extremo abierto del primer recipiente. En la realización de la FIG. 16, se proporcionan dos soportes de recipientes 48 que permiten que los recipientes 80 avancen y se asienten en los soportes de recipientes 48 de dos en dos, de esta forma se duplica la tasa de producción efectiva. A continuación, la primera herramienta de sujeción 204 se usa para hacer que el primer recipiente 80 avance axialmente y asentar su extremo abierto 82 en el soporte de recipientes 48 para establecer una comunicación sellada entre el soporte de recipientes 48 y el interior del primer recipiente. A continuación, al

menos un reactivo gaseoso se introduce dentro del primer recipiente a través del soporte de recipientes, opcionalmente tal como se explicó para realizaciones anteriores.

5 IV.B. Posteriormente, se forma plasma dentro del primer recipiente en condiciones efectivas para formar un producto de reacción del reactivo en la superficie interior del primer recipiente, opcionalmente tal como se explicó para realizaciones anteriores. Se retira el primer recipiente del soporte de recipientes, opcionalmente tal como se explicó para realizaciones anteriores. Se usa la primera herramienta de sujeción u otra herramienta de sujeción, opcionalmente tal como se explicó para realizaciones anteriores, para transportar axialmente el primer recipiente lejos del soporte de recipientes. Después, el primer recipiente puede liberarse de la herramienta de sujeción usada para transportarlo axialmente lejos del soporte de recipientes, opcionalmente tal como se explicó para realizaciones anteriores.

10 IV.B. Las etapas opcionales adicionales que pueden llevarse a cabo de acuerdo con este método incluyen proporcionar un recipiente de reacción diferente al primer recipiente, teniendo el recipiente de reacción un extremo abierto y un espacio interior, y asentar el extremo abierto del recipiente de reacción en el soporte de recipientes para establecer una comunicación sellada entre el soporte de recipientes y el espacio interior del recipiente de reacción. Se puede proporcionar un conducto de reactivo de PECVD dentro del espacio interior. El plasma puede formarse dentro del espacio interior del
15 recipiente de reacción en condiciones efectivas para eliminar al menos una porción de un depósito de un producto de reacción de PECVD del conducto de reactivo. Estas condiciones de reacción se han explicado en relación con una realización descrita previamente. Posteriormente, el recipiente de reacción puede retirarse del soporte de recipientes y transportarse lejos del soporte de recipientes.

20 IV.B. Las etapas opcionales adicionales que puede llevarse a cabo de acuerdo con cualquier realización de este método incluyen:

proporcionar al menos una segunda herramienta de sujeción;
conectar funcionalmente al menos la primera y segunda herramienta de sujeción a un transportador en serie;
proporcionar un segundo recipiente que tiene un extremo abierto, un extremo cerrado y una superficie interior;
proporcionar una herramienta de sujeción configurada para sujetar y liberar selectivamente el extremo cerrado del segundo
25 recipiente;
sujetar el extremo cerrado del segundo recipiente con la herramienta de sujeción;
usando la herramienta de sujeción, transportar el segundo recipiente hasta situarlo cerca de un soporte de recipientes configurado para asentar el extremo abierto del segundo recipiente;
usando la herramienta de sujeción, hacer que el segundo recipiente avance axialmente y asentar su extremo abierto en el
30 soporte de recipientes para establecer una comunicación sellada entre el soporte de recipientes y el interior del segundo recipiente;
introducir al menos un reactivo gaseoso dentro del segundo recipiente a través del soporte de recipientes;
formar plasma dentro del segundo recipiente en condiciones efectivas para formar un producto de reacción del reactivo sobre la superficie interior del segundo recipiente;
35 liberar el segundo recipiente del soporte de recipientes; y
usando la segunda herramienta de sujeción u otra herramienta de sujeción, transportar axialmente el segundo recipiente lejos del soporte de recipientes; y
liberar el segundo recipiente de la herramienta de sujeción usada para transportarlo axialmente lejos del soporte de recipientes.

40 IV.B. La FIG. 16 es un ejemplo del uso de un dispositivo de tipo ventosa para soportar el extremo de un tubo de recogida de muestras (en este ejemplo) que se puede mover a lo largo de una línea/sistema de producción. El ejemplo específico que se muestra en la presente es una etapa posible (de muchas etapas posibles tal como se explicó anteriormente y más adelante) de revestimiento/tratamiento. El tubo puede moverse en la etapa/área de revestimiento y el tubo puede moverse hacia abajo en el soporte de recipientes y (en este ejemplo) el electrodo cilíndrico. Posteriormente, el soporte de
45 recipientes, el tubo de recogida de muestras y la ventosa pueden moverse juntos hasta la siguiente etapa donde se acciona el electrodo y tiene lugar el tratamiento/revestimiento. Cualquiera de los tipos de electrodos mencionados anteriormente puede utilizarse en este ejemplo.

IV.B. Por lo tanto, las FIGS. 15 y 16 muestran un soporte de recipientes 48 en una estación de revestimiento 28 similar a la FIG. 13, que emplea un transporte de recipientes indicado generalmente como 202 para mover el recipiente 80 desde y
50 hasta la estación de revestimiento 28. El transporte de recipientes 202 se puede proporcionar con una herramienta de sujeción 204, que en el transporte 202 ilustrado puede ser una ventosa. También puede emplearse un soporte adhesivo, una fuente de vacío activa (con una bomba para extraer aire de la herramienta de sujeción, lo cual crea activamente un vacío) u otro recurso como herramienta de sujeción. El transporte de recipientes 202 puede usarse, por ejemplo, para desplazar el recipiente 80 hacia abajo en una posición asentada en el puerto de recipientes 92 para posicionar el recipiente
55 80 para el revestimiento. El transporte de recipientes 202 también se puede utilizar para retirar el recipiente 80 del puerto de recipientes 92 elevándolo una vez procesado en la estación 28. El transporte de recipientes 202 también se puede

- 5 utilizar para asentar el recipiente 80 antes de que el recipiente 80 y el transporte de recipientes 48 avancen juntos hasta una estación. El transporte de recipientes también se puede utilizar para mantener el recipiente 80 en su asiento en el puerto de recipientes 92. Además, aunque la FIG. 15 se puede orientar para mostrar la elevación vertical del recipiente 80 desde arriba, puede existir o se puede contemplar una orientación invertida en la que el transporte de recipientes 202 está por debajo del recipiente 80 y lo sujeta desde abajo.
- 10 IV.B. La FIG. 16 muestra una realización de un método en el que transportes de recipientes 202, tal como ventosas 204, transportan los recipientes 80 horizontalmente, por ejemplo, de una estación hasta la siguiente, así como también (o en vez de) verticalmente dentro y fuera de una estación tal como 28. Los recipientes 80 se pueden elevar y transportar en cualquier orientación. Por lo tanto, la FIG. 16 representa un método de tratamiento por PECVD de un primer recipiente 80 que comprende varias etapas.
- 15 IV.B. En la realización de la FIG. 13, el electrodo externo 160 puede ser generalmente cilíndrico con extremos abiertos y puede estar fijo. El recipiente 80 se puede hacer avanzar a través del electrodo exterior 160 hasta que la abertura 82 se asiente en el puerto de recipientes 96. En esta realización, opcionalmente la sonda 108 se puede moldear permanentemente o por el contrario asegurar en el puerto de entrada de gas 104, en lugar de un sello deslizante que permite un movimiento relativo entre el puerto 104 y la sonda 108.
- 20 IV.B. La FIG. 14 muestra una alternativa adicional para acoplar energía eléctrica al plasma a 50Hz - 1GHz. Esto puede consistir en una bobina que puede moverse hacia abajo hasta la posición o el soporte de recipientes (con dispositivo) puede empujarse hacia arriba hasta la posición. Los electrodos helicoidales se denominan dispositivos de acoplamiento inductivos y pueden transmitir un componente magnético hacia el interior del dispositivo donde puede crearse el plasma.
- 25 IV.B. Una sonda 108 se puede seguir utilizando como se indica en la FIG. 2 y en la FIG. 13. Otros aspectos del soporte de recipientes o el soporte de recipientes 48 indicados anteriormente pueden seguir siendo los mismos.
- IV.B. Como muestra, por ejemplo, la FIG. 49, se puede proporcionar un recipiente de reacción 532 diferente del primer recipiente 80, que también tiene un extremo abierto 540 y un espacio interior definido por la superficie interior 542. Al igual que los recipientes 80, el recipiente de reacción 532 puede tener su extremo abierto 540 sobre el soporte de recipientes 48 y establecer una comunicación sellada entre el soporte de recipientes 48 y el espacio interior 542 del recipiente de reacción.
- 30 IV.B. La FIG. 49 es una vista similar a la FIG.16 que muestra un mecanismo para suministrar recipientes 80 para tratarlos y un reactor de limpieza 532 para un aparato de revestimiento por PECVD. En esta realización, el electrodo interno 108 opcionalmente puede limpiarse sin retirarlo del soporte de recipientes 48.
- IV.B. La FIG. 49 muestra que el conducto de reactivo de PECVD 108 tal como se describió anteriormente se posiciona para introducirlo dentro del espacio interior 542 del recipiente de reacción 532 cuando el recipiente de reacción está asentado en el soporte de recipientes 48 en lugar de un recipiente 80 que se proporciona para revestir tal como se describió anteriormente. La FIG. 49 muestra el conducto de reactivo 108 en esta configuración, aunque el conducto 108 tiene una porción exterior, así como también un extremo distal interior. A estos efectos y para las presentes reivindicaciones basta si el conducto de reactivo 108 se extiende al menos parcialmente en el recipiente 80 o 532.
- 35 IV.B. El mecanismo de la FIG. 49 tal como se ilustra puede utilizarse con las realizaciones de al menos las FIGS. 1 y 15-16, por ejemplo. El reactor de limpieza 532 también puede proporcionarse como un recipiente simple asentado y transportado en un soporte de recipientes, tal como 48, en una realización alternativa. En esta configuración, el reactor de limpieza 532 puede usarse con el aparato de al menos las FIGS. 1-3, 8, 9, 12-15, 18, 19, 21, 22, 26-28, 33-35, 37-48 y 52-54, por ejemplo.
- 40 IV.B. El generador de plasma definido por los electrodos 108 y 160 está configurado para formar plasma en el espacio interior del recipiente de reacción 532 en condiciones efectivas para eliminar al menos una porción de un depósito de un producto de reacción de PECVD del conducto de reactivo 108. Anteriormente se contempla que el electrodo interno y la fuente de gas 108 pueden ser un tubo conductor, por ejemplo, un tubo metálico, y que el recipiente de reacción 532 puede estar hecho de cualquier material adecuado, preferentemente termorresistente, tal como cerámica, cuarzo, vidrio u otros materiales que pueden soportar más calor que un recipiente termoplástico. El material del recipiente de reacción 532 también puede ser preferentemente resistente a los agentes químicos o al plasma en las condiciones usadas en el recipiente de reacción para retirar los depósitos de los productos de reacción. Opcionalmente, el recipiente de reacción 532 puede estar hecho de material electroconductor y servir a su vez como electrodo externo especial para eliminar depósitos del conducto de reactivo 108. Como otra alternativa más, el recipiente de reacción 532 puede estar configurado como una tapa que se asienta en el electro externo 160, en cuyo caso el electrodo externo 160 estaría asentado preferentemente en el soporte de recipientes 48 para definir una cámara de reacción de limpieza cerrada.
- 45
- 50 IV.B. Se contempla que las condiciones de reacción efectivas para eliminar al menos una porción de un depósito de un producto de reacción de PECVD del conducto de reactivo 108 incluyan la introducción de una porción sustancial de un

reactivo oxidante, tal como oxígeno u ozono (generado por separado o mediante el aparato de plasma), un nivel de potencia más alto que el usado para la deposición de revestimientos, un tiempo de ciclo más extenso que el usado para la deposición de revestimientos u otros recursos conocidos para eliminar el tipo de depósito no deseado encontrado en el conducto de reacción 108. En otro ejemplo, también se puede usar la molienda mecánica para eliminar depósitos no deseados. O se pueden alimentar disolventes u otros agentes a presión a través del conducto de reactivo 108 para eliminar obstrucciones. Estas condiciones pueden ser más agresivas que las que los recipientes 80 que se vayan a revestir pueden soportar, ya que el recipiente de reacción 532 no necesita ser adecuado para los usos normales del recipiente 80. Sin embargo, opcionalmente, se puede utilizar un recipiente 80 como recipiente de reacción y, si las condiciones de eliminación de depósitos son demasiado agresivas, el recipiente 80 empleado como recipiente de reacción se puede desechar, en una realización alternativa.

Métodos de pecvd para fabricar recipientes

V.1 Precursores para el revestimiento por PECVD

El precursor para el revestimiento por PECVD de la presente invención se define en líneas generales como un precursor organometálico. Un precursor organometálico se define en la presente descripción como aquel que comprende compuestos de elementos metálicos del grupo III y/o del grupo IV de la tabla periódica con residuos orgánicos, por ejemplo, residuos hidrocarburo, aminocarburo u oxcarburo. Los compuestos organometálicos definidos en la presente incluyen cualquier precursor que tenga restos orgánicos unidos a silicio u otros átomos metálicos del grupo III/IV directamente o unidos opcionalmente a través de átomos de oxígeno o nitrógeno. Los elementos relevantes del grupo III de la tabla periódica son boro, aluminio, galio, indio, talio, escandio, itrio y lantano, prefiriéndose el aluminio y el boro. Los elementos relevantes del grupo IV de la tabla periódica son silicio, germanio, estaño, plomo, titanio, circonio, hafnio y torio, prefiriéndose el silicio y el estaño. También se pueden contemplar otros compuestos orgánicos volátiles. Sin embargo, se prefieren compuestos organosilícicos para llevar a cabo la presente invención.

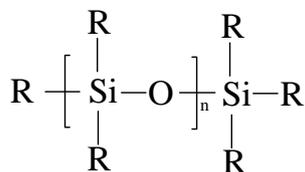
Se contempla un precursor organosilícico, donde un "precursor organosilícico" se define en esta descripción más ampliamente como un compuesto con al menos uno de los enlaces:



La primera estructura inmediatamente anterior es un átomo de silicio tetravalente conectado a un átomo de oxígeno y a un átomo de carbono orgánico (estando un átomo de carbono orgánico unido a al menos un átomo de hidrógeno). La segunda estructura inmediatamente anterior es un átomo de silicio tetravalente conectado a un enlace -NH- y a un átomo de carbono orgánico (estando un átomo de carbono orgánico unido a al menos un átomo de hidrógeno). Preferentemente, el precursor organosilícico se selecciona del grupo conformado por un siloxano lineal, un siloxano monocíclico, un siloxano policíclico, un polisilsesquioxano, un silazano lineal, un silazano monocíclico, un silazano policíclico, un polisilsesquiazano y una combinación de dos o más cualesquiera de estos precursores. También se contempla como un precursor, aunque no dentro de las dos fórmulas inmediatamente anteriores, un alquiltrimetoxisilano.

Si se utiliza un precursor que contiene oxígeno (p. ej., un siloxano), una fórmula empírica predicha representativa como resultado de PECVD en condiciones para formar un revestimiento hidrófobo o lubricante sería $Si_wO_xC_yH_z$, donde w es 1, x para esta fórmula es de aproximadamente 0.5 a aproximadamente 1, y es de aproximadamente 2 a aproximadamente 3, y z es de 6 a aproximadamente 9, mientras que una composición empírica predicha representativa como resultado de PECVD en condiciones para formar un revestimiento de barrera sería SiO_x , donde x en esta fórmula es de aproximadamente 1.5 a aproximadamente 2.9. Si se utiliza un precursor que contiene nitrógeno (p. ej., un silazano), la composición predicha sería $Si_wN_xC_yH_z$, es decir, en $Si_wO_xC_yH_z$ de acuerdo con la presente invención O está reemplazado por N y los índices se adaptan a la valencia más alta de N en comparación con O (3 en vez de 2). La última adaptación generalmente seguirá la relación de w, x, y y z en un siloxano con los índices correspondientes en su contraparte de aza. En un aspecto particular de la invención, $Si_wN_xC_yH_z$ en la cual w^* , x^* , y^* , y z^* se definen igual que para las contrapartes de siloxano, pero para un desvío opcional en el número de átomos de hidrógeno.

Un tipo de material de partida precursor que tiene la fórmula empírica anterior es un siloxano lineal, por ejemplo, un material que tiene la siguiente fórmula:



- 5 en la cual cada R se selecciona independientemente entre alquilo, por ejemplo, metilo, etilo, propilo, isopropilo, butilo, isobutilo, *t*-butilo, vinilo, alquino u otros, y n es 1, 2, 3, 4 o mayor, preferentemente mayor o igual a dos. Varios ejemplos de siloxanos lineales contemplados son

hexametildisiloxano (HMDSO),

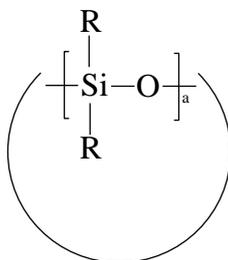
octametiltrisiloxano,

- 10 decametiltetrasiloxano,

dodecametilpentasiloxano,

combinaciones de dos o más de estos. Los silazanos análogos en los cuales –NH– está sustituido por el átomo de oxígeno de la estructura anterior son también útiles para realizar revestimientos análogos. Varios ejemplos de silazanos lineales contemplados son octametiltrisilazano, decametiltetrasilazano o combinaciones de dos o más de estos.

- 15 V.C. Otro tipo de material de partida precursor es un siloxano monocíclico, por ejemplo, un material que tiene la siguiente fórmula estructural:



- 20 en la cual R se define como para la estructura lineal y "a" es de 3 a aproximadamente 10 o los silazanos monocíclicos análogos. Varios ejemplos de siloxanos y silazanos monocíclicos heterosustituidos e insustituidos contemplados incluyen

1,3,5-trimetil-1,3,5-tris(3,3,3-trifluoropropil)metil]ciclotrisiloxano

2,4,6,8-tetrametil-2,4,6,8-tetravinilciclotetrasiloxano,

pentametilciclopentasiloxano,

pentavinilpentametilciclopentasiloxano,

- 25 hexametilciclotrisiloxano,

hexafenilciclotrisiloxano,

octametilciclotetrasiloxano (OMCTS),

octafenilciclotetrasiloxano,

decametilciclopentasiloxano,

dodecametilciclohexasiloxano,

metil(3,3,3-trifluoropropil)ciclosiloxano,

También se contemplan organosilazanos cíclicos, tales como

octametilciclotetrasilazano,

- 5 1,3,5,7-tetравинил-1,3,5,7-tetrametilciclotetrasilazano hexametilciclotrisilazano,

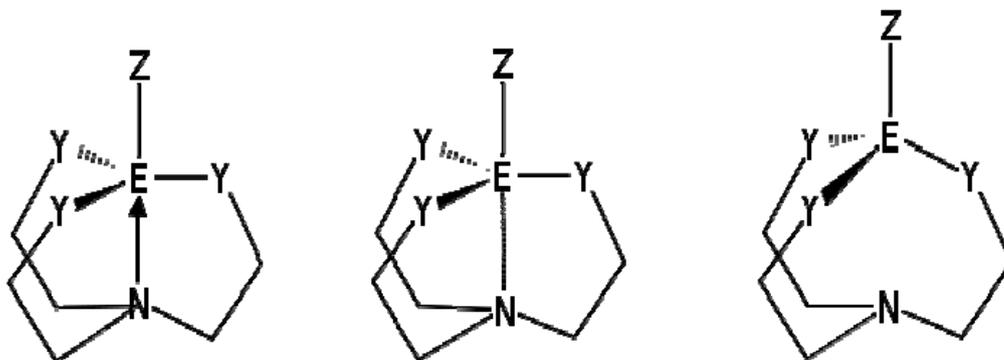
octametilciclotetrasilazano,

decametilciclopentasilazano,

dodecametilciclohexasilazano o

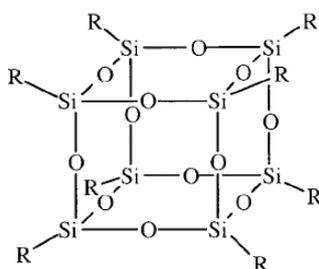
combinaciones de cualquiera de dos o más de estos.

- 10 V.C. Otro tipo de material de partida precursor es un siloxano policíclico, por ejemplo, un material que tiene una de las siguientes fórmulas estructurales:



- 15 en las cuales Y puede ser oxígeno o nitrógeno, E es silicio y Z es un átomo de hidrógeno o un sustituyente orgánico, por ejemplo, alquilo, tal como metilo, etilo, propilo, isopropilo, butilo, isobutilo, *t*-butilo, vinilo, alquino u otros. Cuando cada Y es oxígeno, las estructuras respectivas, de izquierda a derecha, son un silatrano, un silcuasilatrano y un silproatrano. Cuando Y es nitrógeno, las estructuras respectivas son un azasilatrano, un azasilcuasiatrano y un azasilproatrano.

V.C. Otro tipo de material de partida precursor de siloxano policíclico es un polisilsesquioxano, con la fórmula empírica $\text{RSiO}_{1,5}$ y la fórmula estructural:



20

cubo T_8

en la cual cada R es un átomo de hidrógeno o un sustituyente orgánico, por ejemplo, alquilo, tal como metilo, etilo, propilo, isopropilo, butilo, isobutilo, *t*-butilo, vinilo, alquino u otros. Dos materiales comerciales de esta clase son SST-eM01 poli(metilsilsesquioxano), en el cual R es metilo, y SST-3MH1.1 poli(metilhidrosilsesquioxano), en el cual el 90% de los

grupos R son metilo y el 10% son átomos de hidrógeno. Este material está disponible en una solución al 10% en tetrahidrofurano, por ejemplo. También se contemplan combinaciones de dos o más de estos. Otros ejemplos de un precursor contemplado son metilsilatrano, CAS N.º 2288-13-3, en el cual cada Y es oxígeno y Z es metilo, metilazasilatrano, SST-eM01 poli(metilsilsesquioxano), en el cual cada R opcionalmente puede ser metilo, SST-3MH1.1 poli(metilhidridosilsesquioxano), en el cual el 90% de los grupos R son metilo y el 10% son átomos de hidrógeno o una combinación de cualquiera de dos o más de estos.

V.C. Los polisilsesquiazanos análogos en los cuales –NH– está sustituido por el átomo de oxígeno en la estructura anterior también son útiles para realizar revestimientos análogos. Los ejemplos de polisilsesquiazanos contemplados son un poli(metilsilsesquiazano), en el cual cada R es metilo, y un poli(metilhidridosilsesquiazano), en el cual el 90% de los grupos R son metilo y el 10% son átomos de hidrógeno. También se contemplan combinaciones de dos o más de estos.

V.C. Un precursor particularmente contemplado para el revestimiento lubricante de acuerdo con la presente invención es un siloxano monocíclico, por ejemplo, octametilciclotetrasiloxano.

Un precursor particularmente contemplado para el revestimiento hidrófobo de acuerdo con la presente invención es un siloxano monocíclico, por ejemplo, octametilciclotetrasiloxano.

Un precursor particularmente contemplado para el revestimiento de barrera de acuerdo con la presente invención es un siloxano lineal, por ejemplo, HMDSO.

V.C. En cualquiera de los métodos de revestimiento de acuerdo con la presente invención, la etapa de aplicación puede llevarse a cabo opcionalmente vaporizando el precursor y proporcionándolo cerca del sustrato. Por ejemplo, OMCTS generalmente se vaporiza calentándolo hasta aproximadamente 50 °C antes de aplicarlo al aparato de PECVD.

V.2 Método general de PECVD

En el contexto de la presente invención, generalmente se aplica el siguiente método de PECVD, que contiene las siguientes etapas:

proporcionar un reactivo gaseoso que comprenda un precursor como se define en la presente, preferentemente un precursor de organosilicio, y opcionalmente O₂ próximo a la superficie del sustrato; y

generar un plasma a partir del reactivo gaseoso, para formar así un revestimiento sobre la superficie del sustrato por deposición química de vapor asistida por plasma (PECVD).

En dicho método, las características del revestimiento son establecidas convenientemente por una o más de las siguientes condiciones: las propiedades del plasma, la presión a la cual se aplica el plasma, la potencia aplicada para generar el plasma, la presencia y la cantidad relativa de O₂ en el reactivo gaseoso, el volumen de plasma y el precursor organosilícico. Preferentemente, las características del revestimiento son establecidas por la presencia y la cantidad relativa de O₂ en el reactivo gaseoso y/o la potencia aplicada para generar el plasma.

En todas las realizaciones de la presente invención el plasma, en un aspecto opcional, no es un plasma de cátodo hueco.

En otro aspecto preferido, el plasma se genera a presión reducida (en comparación con la presión ambiental o presión atmosférica). Preferentemente, la presión reducida es menor de 300 mTorr, más preferentemente menor de 200 mTorr, incluso más preferentemente menor de 100 mTorr.

La PECVD preferentemente se lleva a cabo activando el reactivo gaseoso que contiene el precursor con electrodos alimentados a una frecuencia que es una radiofrecuencia o frecuencia de microondas y preferentemente una radiofrecuencia. La radiofrecuencia preferida para llevar a cabo una realización de la invención también se denominará "frecuencia RF". Un rango de radiofrecuencia típico para llevar a cabo la presente invención es una frecuencia de 10 kHz a menos de 300 MHz, más preferentemente de 1 a 50 MHz, incluso más preferentemente de 10 a 15 MHz. Se prefiere una frecuencia de 13.56 MHz, siendo esta una frecuencia autorizada por el gobierno para llevar a cabo el trabajo de PECVD.

Utilizar una fuente de alimentación de RF ofrece varias ventajas en comparación con una fuente de microondas: Dado que RF opera a una potencia más baja, hay menos calentamiento del sustrato/recipiente. Debido a que la presente invención se centra en la aplicación de un revestimiento de plasma sobre sustratos plásticos, unas temperaturas de procesamiento más bajas son convenientes para evitar la fusión/deformación del sustrato. Para evitar que el sustrato se sobrecaliente cuando se utiliza PECVD de microondas, la PECVD de microondas se aplica en ráfagas cortas, en pulsos de potencia. Los pulsos de potencia extienden el tiempo del ciclo para el revestimiento, lo cual no es deseable en la presente invención. Las microondas de frecuencia superior también pueden provocar la desgasificación de sustancias volátiles como el agua residual, oligómeros y otros materiales en el sustrato plástico. Esta desgasificación puede interferir con el revestimiento por PECVD. Uno de los principales problemas del uso de microondas para PECVD es el deslaminado del revestimiento del

5 sustrato. El deslaminado ocurre debido a que las microondas modifican la superficie del sustrato antes de depositar la capa de revestimiento. Para mitigar la posibilidad de deslaminado, se han desarrollado capas de revestimiento de interfaz para PECVD de microondas para lograr un buen enlace entre el revestimiento y el sustrato. Dicha capa de revestimiento de interfaz no es necesaria con PECVD de RF dado que no existe riesgo de deslaminado. Finalmente, el revestimiento lubricante y el revestimiento hidrófobo de acuerdo con la presente invención se aplican ventajosamente utilizando menos potencia. La potencia de RF opera a una potencia más baja y proporciona más control sobre el proceso de PECVD que la potencia de microondas. Sin embargo, la potencia de microondas, aunque es menos preferida, es útil en condiciones de proceso adecuadas.

10 Asimismo, para todos los métodos de PECVD descritos en la presente, existe una correlación específica entre la potencia (en vatios) utilizada para generar el plasma y el volumen de la cavidad en la que se genera el plasma. Generalmente, la cavidad es la cavidad de un recipiente revestido de acuerdo con la presente invención. La potencia de RF debería graduarse conforme al volumen del recipiente si se emplea el mismo sistema de electrodos. Una vez que se haya fijado la composición de un reactivo gaseoso, por ejemplo, la relación entre el precursor y el O₂, y se hayan fijado todos los demás parámetros del método de revestimiento por PECVD, a excepción de la potencia, estos generalmente no cambiarán si la geometría de un recipiente se conserva y solo varía su volumen. En este caso, la potencia será directamente proporcional al volumen. Por lo tanto, partiendo de las relaciones entre la energía y el volumen proporcionadas por la presente descripción, se puede averiguar fácilmente la potencia que debe aplicarse con el fin de lograr el mismo revestimiento o un revestimiento similar en un recipiente con la misma geometría pero de diferente tamaño. La influencia de la geometría del recipiente sobre la potencia que se debe aplicar se ilustra por medio de los resultados de los Ejemplos para tubos en comparación con los Ejemplos para cilindros de jeringa.

20 Para cualquier revestimiento de la presente invención, el plasma se genera con electrodos alimentados con suficiente potencia para formar un revestimiento sobre la superficie del sustrato. Para un revestimiento lubricante o hidrófobo, en el método de acuerdo con una realización de la invención, el plasma se genera preferentemente (i) con electrodos alimentados con una potencia eléctrica de 0.1 a 25 W, preferentemente de 1 a 22 W, más preferentemente de 3 a 17 W, incluso más preferentemente de 5 a 14 W, aún más preferentemente de 7 a 11 W, por ejemplo, de 8 W; y/o (ii) donde la relación entre la potencia del electrodo y el volumen de plasma es menor de 10 W/mL, preferentemente es de 5 W/mL a 0.1 W/mL, más preferentemente es de 4 W/mL a 0.1 W/mL, aún más preferentemente de 2 W/mL a 0.2 W/mL. Para un revestimiento de barrera o de SiO_x, el plasma se genera preferentemente (i) con electrodos alimentados con una potencia eléctrica de 8 a 500 W, preferentemente de 20 a 400 W, más preferentemente de 35 a 350 W, incluso más preferentemente de 44 a 300 W, aún más preferentemente de 44 a 70 W; y/o (ii) la relación entre la potencia del electrodo y el volumen de plasma es menor o igual a 5 W/mL, preferentemente es de 6 W/mL a 150 W/mL, más preferentemente es de 7 W/mL a 100 W/mL, aún más preferentemente de 7 W/mL a 20 W/mL.

35 La geometría del recipiente también puede influir en la elección de la entrada de gas utilizada para el revestimiento por PECVD. En un aspecto particular, una jeringa puede revestirse con una entrada de tubo abierta, y un tubo puede revestirse con una entrada de gas con pequeños agujeros que se extiendan hacia el tubo.

40 La potencia (en vatios) utilizada para PECVD también influye en las propiedades del revestimiento. Generalmente, un aumento de la potencia aumentará las propiedades de barrera del revestimiento y una disminución de la potencia aumentará la lubricidad e hidrofobicidad del revestimiento. Por ejemplo, para un revestimiento en la pared interna de un cilindro de jeringa que tenga un volumen de aproximadamente 3 mL, una potencia menor de 30 W producirá un revestimiento que es predominantemente un revestimiento de barrera, mientras que una potencia de más de 30 W producirá un revestimiento que es predominantemente un revestimiento lubricante (remítase a los Ejemplos).

45 Un parámetro adicional que determina las propiedades del revestimiento es la relación entre el O₂ (u otro agente oxidante) y el precursor (por ejemplo, precursor organosilícico) en el reactivo gaseoso utilizado para generar el plasma. Generalmente, un aumento del contenido de O₂ en el reactivo gaseoso aumentará las propiedades de barrera del revestimiento y una disminución del contenido de O₂ aumentará la lubricidad e hidrofobicidad del revestimiento. Por lo tanto, el método de revestimiento por PECVD de la presente invención se puede utilizar para fijar las propiedades de lubricidad de un revestimiento, las propiedades de hidrofobicidad de un revestimiento y las propiedades de barrera de un revestimiento preparado mediante dicho método.

50 Si se desea una capa lubricante, entonces el O₂ está preferentemente presente en una relación volumen-volumen respecto al reactivo gaseoso de 0:1 a 5:1, más preferentemente de 0:1 a 1:1, incluso más preferentemente de 0:1 a 0.5:1 o incluso de 0:1 a 0.1:1. Más ventajosamente, no hay esencialmente oxígeno presente en el reactivo gaseoso. Por lo tanto, el reactivo gaseoso debería comprender menos de un 1%vol de O₂, más particularmente menos de un 0.5%vol de O₂ y más preferentemente está exento de O₂. Lo mismo ocurre con el revestimiento hidrófobo.

55 Si, por el contrario, se desea un revestimiento de barrera o SiO_x, entonces el O₂ está preferentemente presente en una relación volumen:volumen respecto al reactivo gaseoso de 1: 1 a 100: 1 con relación al precursor que contiene silicio,

preferentemente en una relación de 5: 1 a 30: 1, más preferentemente en una relación de 10: 1 a 20: 1, incluso más preferentemente en una relación de 15: 1.

V.A. PECVD para aplicar un revestimiento de barrera de SiO_x utilizando plasma que está sustancialmente exento de plasma de cátodo hueco

5 V.A. Una realización específica es un método para aplicar un revestimiento de barrera de SiO_x, definido en esta descripción (a menos que se especifique lo contrario en una instancia particular) como un revestimiento que contiene silicio, oxígeno y, opcionalmente, otros elementos, en donde x, la relación entre los átomos de oxígeno y los de silicio, es de aproximadamente 1.5 a aproximadamente 2.9, o de 1.5 a aproximadamente 2.6 o aproximadamente 2. Estas definiciones alternativas de x se aplican a cualquier uso del término SiO_x en esta descripción. El revestimiento de barrera se aplica al interior de un recipiente, por ejemplo, un tubo de recogida de muestras, un cilindro de jeringa u otro tipo de recipiente. El método incluye varias etapas.

V.A. Se proporciona una pared de un recipiente, al igual que una mezcla de reacción que contiene un gas formador de plasma, es decir, un compuesto organosilícico gaseoso, opcionalmente un gas oxidante y, opcionalmente, un hidrocarburo gaseoso.

15 V.A. Se forma plasma en la mezcla de reacción que está sustancialmente exenta de plasma de cátodo hueco. La pared del recipiente se pone en contacto con la mezcla de reacción, y el revestimiento de SiO_x se deposita sobre al menos una porción de la pared del recipiente.

20 V.A. En determinadas realizaciones, se prefiere generar un plasma uniforme en toda la porción del recipiente que se ha de revestir, tal como se ha descubierto en determinadas instancias para generar un revestimiento de SiO_x que proporcione una mejor barrera contra el oxígeno. Un plasma uniforme quiere decir un plasma regular que no incluye una cantidad considerable de plasma de cátodo hueco (que tiene una mayor intensidad de emisión que el plasma regular y se manifiesta como un área localizada de mayor intensidad que interrumpe la intensidad más uniforme del plasma regular).

25 V.A. El efecto de cátodo hueco es generado por un par de superficies conductoras opuestas con el mismo potencial negativo con respecto a un ánodo común. Si se mantiene una separación (dependiendo de la presión y el tipo de gas) tal que las cubiertas cargadas espaciadas se superpongan, los electrones comienzan a oscilar entre los potenciales de reflexión de las cubiertas de las paredes opuestas, lo cual produce múltiples colisiones dado que los electrones son acelerados por el gradiente potencial en la región de las cubiertas. Los electrones quedan confinados en la superposición de las cubiertas cargadas espaciadas lo cual da como resultado una ionización muy alta y plasmas de alta densidad iónica. Este fenómeno se describe como el efecto de cátodo hueco. Los expertos en la técnica pueden cambiar las condiciones de procesamiento, tal como el nivel de potencia y las tasas de alimentación o presión de los gases, para formar un plasma completamente uniforme o para formar un plasma que incluya varios niveles de plasma de cátodo hueco.

30 V.A. En un método alternativo, utilizando, por ejemplo, el aparato de la FIG. 12 descrito previamente, se puede utilizar energía de microondas para generar el plasma en un proceso de PECVD. Sin embargo, estas condiciones de procesamiento pueden ser diferentes dado que la energía de microondas aplicada a un recipiente termoplástico estimulará (hará vibrar) las moléculas de agua. Debido a que hay una pequeña cantidad de agua en todos los materiales plásticos, las microondas calentarán el plástico. A medida que el plástico se calienta, la gran fuerza conductora creada por el vacío dentro del dispositivo con respecto a la presión atmosférica fuera del dispositivo liberará y desorberá fácilmente los materiales hacia la superficie interior 88 donde se convertirán en volátiles o se unirán débilmente a la superficie. Los materiales débilmente unidos crearán entonces una interfaz que puede evitar que revestimientos posteriores (depositados por el plasma) se adhieran a la superficie interior plástica 88 del dispositivo.

35 V.A. Una forma de invalidar este efecto obstaculizador del revestimiento consiste en depositar un revestimiento a una potencia muy baja (en el ejemplo anterior de 5 a 20 vatios a 2.45 GHz) que crea una cubierta sobre la cual pueden adherirse revestimientos posteriores. Esto da como resultado un proceso de revestimiento en dos etapas (y dos capas de revestimiento). En el ejemplo anterior, los flujos iniciales de gas (para la capa protectora) pueden cambiarse a 2 sccm ("centímetros cúbicos estándar por minuto") de HMDSO y 20 sccm de oxígeno con una potencia de proceso de 5 a 20 vatios durante aproximadamente 2-10 segundos. A continuación, los gases se pueden ajustar a los flujos en el ejemplo anterior y el nivel de potencia se puede incrementar hasta, p. ej., de 35 a 50 W, de forma que se puede depositar un revestimiento de SiO_x, en el que x en esta fórmula es de aproximadamente 1.5 a aproximadamente 2.9, como alternativa de aproximadamente 1.5 a aproximadamente 2.6, como alternativa aproximadamente 2. Cabe destacar que la capa de cubierta puede proporcionar de poca a ninguna funcionalidad en ciertas realizaciones, salvo para impedir la migración de materiales hasta la superficie interior del recipiente 88 durante la deposición del revestimiento de SiO_x de mayor potencia. También cabe destacar que la migración de materiales fácilmente desorbidos en las paredes del dispositivo generalmente no ocurre en frecuencias más bajas tal como en la mayor parte del rango de RF, dado que las frecuencias más bajas no estimulan (hacen vibrar) las especies moleculares.

- 5 V.A. Otra forma de invalidar el efecto obstaculizador del revestimiento descrito anteriormente consiste en secar el recipiente 80 para extraer el agua embebida antes de aplicar la energía de microondas. La desecación o secado del recipiente 80 puede lograrse, por ejemplo, calentando térmicamente el recipiente 80, por ejemplo, utilizando un calentador eléctrico o calentamiento con aire a presión. La desecación o secado del recipiente 80 también puede lograrse exponiendo el interior del recipiente 80 o el gas en contacto con el interior del recipiente 80 a un desecante. También pueden utilizarse otros recursos para secar el recipiente, tales como el secado al vacío. Estos recursos pueden aplicarse en una o más de las estaciones o dispositivos ilustrados o por medio de una estación o dispositivo independiente.
- V.A. Adicionalmente, se puede hacer frente al efecto obstaculizador del revestimiento descrito anteriormente seleccionando o procesando la resina a partir de la cual se moldean los recipientes 80 para minimizar el contenido de agua de la resina.
- 10 **V.B. Revestimiento por PECVD de la abertura limitada de un recipiente (capilar de jeringa)**
- V.B. Las FIGS. 26 y 27 muestran un método y un aparato indicados en general en 290 para revestir por PECVD una superficie interna 292 de una abertura limitada 294 de un recipiente generalmente tubular 250 que debe ser procesado, por ejemplo, la abertura frontal limitada 294 de un cilindro de jeringa 250. El proceso descrito anteriormente se modifica conectando la abertura limitada 294 a un recipiente de procesamiento 296 y realizando opcionalmente otras ciertas modificaciones.
- 15 V.B. El recipiente generalmente tubular 250 que debe procesarse incluye una superficie externa 298, una superficie interna o interior 254 que define una cavidad 300, una abertura más grande 302 que tiene un diámetro interno y una abertura limitada 294 definida por una superficie interna 292 y con un diámetro interno más pequeño que el diámetro interno de la abertura más grande 302.
- 20 V.B. El recipiente de procesamiento 296 tiene una cavidad 304 y una abertura del recipiente de procesamiento 306, que es opcionalmente la única abertura, a pesar de que en otras realizaciones puede proporcionarse una segunda abertura que opcionalmente está cerrada durante el procesamiento. La abertura del recipiente de procesamiento 306 está conectada con la abertura limitada 294 del recipiente 250 que se ha de procesar para establecer una comunicación entre la cavidad 300 del recipiente 250 que se ha de procesar y la cavidad del recipiente de procesamiento por medio de la abertura limitada 294.
- 25 V.B. Se crea al menos un vacío parcial en la cavidad 300 del recipiente 250 que se ha de procesar y la cavidad 304 del recipiente de procesamiento 296. Se introduce un flujo de reactivo de PECVD desde la fuente de gas 144 (remítase a la FIG. 7) a través de la primera abertura 302, a continuación a través de la cavidad 300 del recipiente 250 que se ha de procesar, después pasando por la abertura limitada 294 hasta la cavidad 304 del recipiente de procesamiento 296.
- 30 V.B. El reactivo de PECVD puede introducirse a través de la abertura mayor 302 del recipiente 250 proporcionando un electrodo generalmente tubular interno 308 que tiene un paso interior 310, un extremo proximal 312, un extremo distal 314 y una abertura distal 316, en una realización alternativa pueden proporcionarse aberturas distales múltiples adyacentes al extremo distal 314 y que se comunican con el paso interior 310. El extremo distal del electrodo 308 se puede colocar adyacente a la abertura mayor 302 del recipiente 250 que se ha de procesar o dentro de esta. Se puede alimentar un gas reactivo a través de la abertura distal 316 del electrodo 308 en la cavidad 300 del recipiente 250 que se ha de procesar. El reactivo fluirá a través de la abertura limitada 294 y después hasta la cavidad 304, en la medida en que se proporcione el reactivo de PECVD a una presión superior que el vacío inicialmente creado antes de introducir el reactivo de PECVD.
- 35 V.B. Se genera plasma 318 junto a la abertura limitada 294 en condiciones efectivas para depositar un revestimiento de un producto de reacción de PECVD sobre la superficie interna 292 de la abertura limitada 294. En la realización que se muestra en la FIG. 26, el plasma se genera alimentando energía RF al electrodo externo generalmente en forma de U 160 y conectando a tierra el electrodo interno 308. Las conexiones de alimentación y a tierra de los electrodos también se pueden invertir, aunque esta inversión puede producir complejidad si el recipiente 250 que se ha de procesar y, por lo tanto, también el electrodo interno 308, se mueven a través del electrodo externo en forma de U mientras se está generando el plasma.
- 40 V.B. El plasma 318 generado en el recipiente 250 durante al menos una porción del procesamiento puede incluir plasma de cátodo hueco generado dentro de la abertura limitada 294 y/o la cavidad del recipiente de procesamiento 304. La generación de plasma de cátodo hueco 318 puede contribuir a la capacidad para aplicar con éxito un revestimiento de barrera a la abertura limitada 294, aunque la invención no está limitada de acuerdo con la exactitud o aplicabilidad de esta teoría de operación. Por lo tanto, en un modo de operación contemplado, el procesamiento puede llevarse a cabo parcialmente en condiciones que generan un plasma uniforme en todo el recipiente 250 y la entrada de gas y parcialmente en condiciones que generan un plasma de cátodo hueco, por ejemplo, adyacente a la abertura limitada 294.
- 45 V.B. El proceso se opera deseablemente en condiciones, como se explica en la presente y se muestra en los dibujos, en las que el plasma 318 se extiende básicamente en toda la cavidad de jeringa 300 y la abertura limitada 294. Convenientemente, el plasma 318 preferentemente también se extiende sustancialmente a través de la cavidad de jeringa
- 50

300, la abertura limitada 294 y la cavidad 304 del recipiente de procesamiento 296. Se supone que se desea un revestimiento uniforme del interior 254 del recipiente 250. En otras realizaciones, se puede desear un plasma no uniforme.

5 V.B. Generalmente se desea que el plasma 318 tenga un color sustancialmente uniforme en toda la cavidad de jeringa 300 y la abertura limitada 294 durante el procesamiento y preferentemente un color sustancialmente uniforme en toda la cavidad de jeringa 300, la abertura limitada 294 y la cavidad 304 del recipiente de procesamiento 296. Preferentemente, el plasma es sustancialmente estable en la cavidad de jeringa 300 y la abertura limitada 294, y preferentemente también en toda la cavidad 304 del recipiente de procesamiento 296.

V.B. El orden de las etapas de este método no está contemplado como fundamental.

10 V.B. En la realización de las FIGS. 26 y 27, la abertura limitada 294 tiene un primer conector 332 y la abertura del recipiente de procesamiento 306 tiene un segundo conector 334 adaptado para ajustarse al primer conector 332 con el fin de establecer una comunicación entre la cavidad 304 del recipiente de procesamiento 296 y la cavidad 300 del recipiente 250 que se ha de procesar.

15 V.B. En la realización de las FIGS. 26 y 27, el primer y el segundo conector son conectores de tipo Luer macho y hembra 332 y 334, respectivamente integrados en la estructura que define la abertura limitada 294 y la abertura del recipiente de procesamiento 306. Uno de los conectores, en este caso el conector de tipo Luer macho 332, comprende un aro de seguridad 336 con una superficie interna roscada y que define un primer tope generalmente anular axialmente orientado 338 y el otro conector 334 comprende un segundo tope generalmente anular axialmente orientado 340 opuesto al primer tope 338, cuando los conectores 332 y 334 están acoplados.

20 V.B. En la realización ilustrada, se puede colocar un sello, por ejemplo, una junta tórica 342, entre el primer y el segundo conector 332 y 334. Por ejemplo, se puede acoplar un sello anular entre el primer y el segundo tope 338 y 340. El conector de tipo Luer hembra 334 también incluye ganchos 344 que acoplan la superficie interna roscada del aro de seguridad 336 para capturar la junta tórica 342 entre el primer y el segundo conector 332 y 334. Opcionalmente, la comunicación establecida entre la cavidad 300 del recipiente 250 que se ha de procesar y la cavidad 304 del recipiente de procesamiento 296 a través de la abertura limitada 294 es al menos sustancialmente a prueba de fugas.

25 V.B. Como otra opción, uno o ambos conectores de seguridad de tipo Luer 332 y 334 pueden estar hechos de material electroconductor, por ejemplo, acero inoxidable. Este material de construcción que forma o es adyacente a una abertura limitada 294 puede contribuir a la formación del plasma en la abertura limitada 294.

30 V.B. El volumen deseable de la cavidad 304 del recipiente de procesamiento 296 se contempla como un equilibrio entre un pequeño volumen que no desviará gran parte del flujo de reactivo de las superficies del producto que se desean revestir y un gran volumen que permitirá mantener una tasa de flujo de gas reactivo generosa a través de la abertura limitada 294 antes de llenar la cavidad 304 lo suficiente para reducir dicha tasa de flujo a un nivel menos deseable (reduciendo la diferencia de presión a través de la abertura limitada 294). El volumen contemplado de la cavidad 304, en una realización, es menos de tres veces el volumen de la cavidad 300 del recipiente 250 que se ha de procesar, o menos de dos veces el volumen de la cavidad 300 del recipiente 250 que se ha de procesar, o menos que el volumen de la cavidad 300 del recipiente 250 que se ha de procesar, o menos del 50% del volumen de la cavidad 300 del recipiente 250 que se ha de procesar, o menos del 25% del volumen de la cavidad 300 del recipiente 250 que se ha de procesar. También se contemplan otras relaciones efectivas entre los volúmenes de las cavidades respectivas.

40 V.B. Los inventores han descubierto que la uniformidad del revestimiento puede mejorarse en ciertas realizaciones reposicionando el extremo distal del electrodo 308 con respecto al recipiente 250 de forma que no penetre tanto en la cavidad 300 del recipiente 250 como la posición del electrodo interno que se muestra en las Figuras anteriores. Por ejemplo, a pesar de que en ciertas realizaciones la abertura distal 316 puede posicionarse adyacente a la abertura limitada 294, en otras realizaciones, la abertura distal 316 puede posicionarse con menos de 7/8 de distancia, opcionalmente menos de 3/4 de distancia, opcionalmente menos de la mitad de la distancia hasta la abertura limitada 294 de la abertura mayor 302 del recipiente que se ha de procesar mientras se alimenta el gas reactivo. O la abertura distal 316 puede posicionarse a menos del 40%, menos del 30%, menos del 20%, menos del 15%, menos del 10%, menos del 8%, menos del 6%, menos del 4%, menos del 2% o menos del 1% de la distancia hasta la abertura limitada 294 de la abertura mayor del recipiente que se ha de procesar mientras se alimenta el gas reactivo.

50 V.B. O el extremo distal del electrodo 308 se puede posicionar ligeramente dentro o fuera o al nivel de la abertura mayor 302 del recipiente 250 que se ha de procesar mientras se comunica con el recipiente 250 y se alimenta gas reactivo en su interior. El posicionamiento de la abertura distal 316 respecto al recipiente 250 que se ha de procesar se puede optimizar para dimensiones particulares y otras condiciones de tratamiento probándola en varias posiciones. Una posición particular del electrodo 308 contemplada para tratar cilindros de jeringa 250 es con el extremo distal 314 penetrando aproximadamente un cuarto de pulgada (aproximadamente 6 mm) en la cavidad del recipiente 300 por encima de la abertura mayor 302.

V.B. Los inventores contemplan en la presente que es ventajoso colocar al menos el extremo distal 314 del electrodo 308 dentro del recipiente 250 de manera que funcione adecuadamente como un electrodo, aunque esto no es necesariamente un requisito. Sorprendentemente, el plasma 318 generado en el recipiente 250 puede hacerse más uniforme, extendiéndose a través de la abertura limitada 294 hacia la cavidad del recipiente de procesamiento 304, con menos permeación del electrodo 308 en la cavidad 300 de la que se empleó anteriormente. Con otras instalaciones, tales como el procesamiento de un recipiente de extremos cerrados, el extremo distal 314 del electrodo 308 se suele colocar más cerca del extremo cerrado del recipiente que de su entrada.

V.B. O el extremo distal 314 del electrodo 308 se puede posicionar en la abertura limitada 294 o más allá de la abertura limitada 294, por ejemplo, dentro de la cavidad del recipiente de procesamiento 304 tal como se ilustra, por ejemplo, en la FIG. 33. Se pueden proporcionar opcionalmente varios recursos tales como el moldeo del recipiente de procesamiento 296 para mejorar el flujo de gas a través de la abertura limitada 294.

V.B. Como otra alternativa, ilustrada en las FIGS. 34-35, el electrodo interno compuesto y el tubo de suministro de gas 398 pueden tener aberturas de suministro de gas distales, tales como 400, opcionalmente ubicadas cerca de la abertura mayor 302 y un electrodo de extensión 402 que se extiende de forma distal con respecto a las aberturas de suministro de gas distales 400, extendiéndose opcionalmente hasta un extremo distal adyacente a la abertura limitada 294 y, opcionalmente, también extendiéndose dentro del recipiente de procesamiento 324. Esta construcción se contempla para facilitar la formación de plasma dentro de la superficie interna 292 adyacente a la abertura limitada 294.

V.B. En otra realización más contemplada, el electrodo interno 308, como en la FIG. 26, puede moverse durante el procesamiento, por ejemplo, extendiéndose primero en la cavidad del recipiente de procesamiento 304 y retirándose luego progresiva y proximalmente a medida que el proceso avanza. Este recurso se contempla particularmente si el recipiente 250, en las condiciones de procesamiento seleccionadas, es largo y el movimiento del electrodo interno facilita el tratamiento uniforme de la superficie interior 254. Utilizando este recurso, las condiciones de procesamiento, tales como la tasa de alimentación de gas, la tasa de creación del vacío, la potencia eléctrica aplicada al electrodo externo 160, la velocidad de retirada del electrodo interno 308 u otros factores pueden variar al avanzar el proceso, lo cual personaliza el proceso para las diferentes partes de un recipiente que se ha de procesar.

V.B. Convenientemente, del mismo modo que en los otros procesos descritos en esta descripción, la abertura mayor del recipiente generalmente tubular 250 que se ha de procesar puede colocarse sobre un soporte de recipientes 320, asentando la abertura mayor 302 del recipiente 250 que se ha de procesar en un puerto 322 del soporte de recipientes 320. A continuación, el electrodo interno 308 puede posicionarse dentro del recipiente 250 asentado en el soporte de recipientes 320 antes de crear al menos un vacío parcial dentro de la cavidad 300 del recipiente 250 que se ha de procesar.

V.B. En una realización alternativa, ilustrada en la FIG. 28, el recipiente de procesamiento 324 se puede proporcionar en forma de un conducto que tiene una primera abertura 306 fijada al recipiente 250 que se ha de procesar, tal como se muestra en la FIG. 26, y una segunda abertura 328 que se comunica con un puerto de vacío 330 en el soporte de recipientes 320. En esta realización, los gases de proceso de PECVD pueden fluir en el recipiente 250, a continuación a través de la abertura limitada 294 en el recipiente de procesamiento 324 y posteriormente pueden volver a través del puerto de vacío 330. Opcionalmente, el recipiente 250 se puede evacuar a través de ambas aberturas 294 y 302 antes de aplicar los reactivos de PECVD.

V.B. O se puede proporcionar un cilindro de jeringa sin tapar 250, como el que se muestra en la FIG. 22, con un revestimiento interior de SiO_x , donde x en esta fórmula es de aproximadamente 1.5 a aproximadamente 2.9, como alternativa de aproximadamente 1.5 a aproximadamente 2.6, como alternativa aproximadamente 2, barrera u otro tipo de revestimiento por PECVD introduciendo los reactivos de la fuente 144 a través de la abertura en el extremo posterior 256 del cilindro 250 y creando el vacío con una fuente de vacío 98 a través de la abertura en el extremo frontal 260 del cilindro. Por ejemplo, la fuente de vacío 98 se puede conectar a través de un segundo conector 266 asentado en el extremo frontal 260 del cilindro de jeringa 250. Utilizando este recurso, los reactivos pueden fluir a través del cilindro 250 en una única dirección (hacia arriba como se muestra en la FIG. 22, aunque la orientación no es fundamental), y no hay necesidad de transportar los reactivos a través de una sonda que separa la alimentación de gas del gas extraído en el cilindro de jeringa 250. Los extremos frontal y posterior 260 y 256 del cilindro de jeringa 250 también se pueden invertir con respecto al aparato de revestimiento en una instalación alternativa. La sonda 108 puede actuar simplemente como un electrodo y puede ser tubular o una varilla sólida en esta realización. Al igual que antes, la separación entre la superficie interior 254 y la sonda 108 puede ser uniforme al menos en la mayor parte de la longitud del cilindro de jeringa 250.

V.B. La FIG. 37 es una vista similar a la FIG. 22 que muestra otra realización en la que el conector 266 es independiente y no está acoplado a los electrodos de placas 414 y 416. El conector 266 puede tener un conector de seguridad de tipo Luer adaptado para fijarse al conector correspondiente del cilindro de jeringa 250. Esta realización permite que el conducto de vacío 418 pase por encima del electrodo 416 mientras que el soporte de recipientes 420 y el recipiente asentado 250 se mueven entre los electrodos 414 y 416 durante una etapa de revestimiento.

V.B. La FIG. 38 es una vista similar a la FIG. 22 que muestra otra realización más en la que el extremo frontal 260 del cilindro de jeringa 250 está abierto y el cilindro de jeringa 250 está cerrado por una cámara de vacío 422 asentada en el soporte de recipientes 424. En esta realización las presiones P1 en el cilindro de jeringa 250 y en la cámara de vacío 422 son aproximadamente idénticas y el vacío en la cámara de vacío 422 se crea opcionalmente a través del extremo frontal 260 del cilindro de jeringa 250. Cuando los gases de proceso fluyen en el cilindro de jeringa 250, fluyen a través del extremo frontal 260 del cilindro de jeringa 250 hasta que se proporciona una composición estable dentro del cilindro de jeringa 250, momento en el que el electrodo 160 se activa para formar el revestimiento. Se contempla que, debido a que el volumen de la cámara de vacío 422 es mayor con respecto al cilindro de jeringa 250 y debido a la ubicación del contraelectrodo 426 dentro del cilindro de jeringa 250, el paso de los gases de proceso a través del extremo frontal 260 no formará depósitos importantes sobre las paredes de la cámara de vacío 422.

V.B. La FIG. 39 es una vista similar a la FIG. 22 que muestra otra realización más en la que la brida posterior del cilindro de jeringa 250 se sujeta entre un soporte de recipientes 428 y un montaje de electrodos 430 al cual están fijados un electrodo cilíndrico o un par de electrodos de placas indicados como 160 y una fuente de vacío 98. El volumen generalmente indicado como 432 cerrado exterior al cilindro de jeringa 250 es relativamente pequeño en esta realización para minimizar el bombeo requerido para evacuar el volumen 432 y el interior del cilindro de jeringa 250 para llevar a cabo el proceso de PECVD.

V.B. La FIG. 40 es una vista similar a la FIG. 22 y la FIG. 41 es una vista en planta que muestra incluso otra realización como una alternativa a la FIG. 38 en la que la relación entre las presiones P1/P2 se mantiene en un nivel deseado proporcionando una válvula de control de la presión 434. Se contempla que P1 puede ser un vacío menor, es decir, una presión mayor, que P2 durante un proceso de PECVD, de forma que los gases de desecho del proceso y los subproductos pasarán a través del extremo frontal 260 del cilindro de jeringa 250 y serán expulsados. Asimismo, un conducto de cámara de vacío separado 436 para servir a la cámara de vacío 422 permite el uso de una bomba de vacío separada para vaciar el volumen contenido mayor 432 más rápidamente.

V.B. La FIG. 41 es una proyección horizontal de una realización de la FIG.40, que también muestra el electrodo 160 eliminado de la FIG. 40.

V.C. Método para aplicar un revestimiento lubricante

V.C. Otra realización es un método para aplicar un revestimiento lubricante derivado de un precursor organosilícico. Un "revestimiento lubricante" o cualquier término similar generalmente se define como un revestimiento que reduce la resistencia a la fricción de la superficie revestida, con respecto a la superficie sin revestir. Si el objeto revestido es una jeringa (o parte de una jeringa, por ejemplo, un cilindro de jeringa) o cualquier otro artículo que generalmente contiene un émbolo o una parte móvil en contacto por deslizamiento con la superficie revestida, la resistencia a la fricción tiene dos aspectos fundamentales: fuerza de arranque y fuerza de deslizamiento del émbolo.

La prueba de fuerza de deslizamiento del émbolo es una prueba especializada del coeficiente de fricción por deslizamiento del émbolo dentro de una jeringa, que representa el hecho de que la fuerza normal asociada con el coeficiente de fricción de deslizamiento, según se mide generalmente sobre una superficie plana, se contrarresta estandarizando el ajuste entre el émbolo u otro elemento de deslizamiento y el tubo u otro recipiente dentro del cual se desliza. La fuerza paralela asociada con un coeficiente de fricción de deslizamiento según se mide generalmente es comparable con la fuerza de deslizamiento del émbolo medida como se describe en esta descripción. La fuerza de deslizamiento del émbolo puede medirse, por ejemplo, como se indica en la prueba ISO 7886-1:1993.

La prueba de fuerza de deslizamiento del émbolo también puede adaptarse para medir otros tipos de resistencia a la fricción, por ejemplo, la fricción que retiene un tapón dentro de un tubo, por medio de variaciones adecuadas en el aparato y el procedimiento. En una realización, el émbolo puede reemplazarse por un cierre y la fuerza de extracción para retirar o insertar el cierre puede medirse como la contraparte de la fuerza de deslizamiento del émbolo.

En lugar o además de la fuerza de deslizamiento del émbolo puede medirse la fuerza de arranque. La fuerza de arranque es la fuerza necesaria para que un émbolo fijo comience a moverse dentro de un cilindro de jeringa o la fuerza comparable necesaria para desasentar un cierre fijo asentado y comenzar a moverlo. La fuerza de arranque se mide aplicando una fuerza al émbolo que parta de cero o un valor bajo y aumente hasta que el émbolo comience a moverse. La fuerza de arranque tiende a aumentar con el almacenamiento de una jeringa, después de que el émbolo de jeringa precargada haya impulsado al lubricante interpuesto o adherido al cilindro debido a la descomposición del lubricante entre el émbolo y el cilindro. La fuerza de arranque es la fuerza necesaria para superar la "adhesividad", un término utilizado en la industria para la adhesión entre el émbolo y el cilindro, que necesita superarse para hacer arrancar el émbolo y que comience a moverse.

V.C. Una utilidad del revestimiento de un recipiente en su totalidad o en parte con un revestimiento lubricante, tal como selectivamente en superficies que están en contacto en relación de deslizamiento con otras partes, es facilitar la inserción o eliminación de un tapón o el paso de un elemento de deslizamiento tal como un pistón en una jeringa o un tapón en un tubo de muestreo. El recipiente puede estar hecho de vidrio o un material polimérico, tal como poliéster, por ejemplo, tereftalato

de polietileno (PET), un copolímero cicloolefínico (COC), una olefina tal como polipropileno u otros materiales. La aplicación de un revestimiento lubricante por PECVD puede evitar o reducir la necesidad de revestir la pared o el cierre del recipiente con un organosilicio pulverizado, inmerso o aplicado de otro modo u otro lubricante que comúnmente se aplica en una cantidad mucho mayor de la que se depositaría con un proceso de PECVD.

5 V.C. En cualquiera de las realizaciones anteriores V.C., puede formarse un plasma, opcionalmente un plasma que no sea de cátodo hueco, opcionalmente próximo al sustrato.

V.C. En cualquiera de las realizaciones V.C., el precursor puede proporcionarse opcionalmente en ausencia considerable de oxígeno. V.C. En cualquiera de las realizaciones V.C., el precursor puede proporcionarse opcionalmente en ausencia considerable de gas portador. V.C. En cualquiera de las realizaciones V.C., en las que el precursor puede proporcionarse opcionalmente en ausencia considerable de nitrógeno. V.C. En cualquiera de las realizaciones V.C., en las que el precursor puede proporcionarse opcionalmente a menos de 1 Torr de presión absoluta.

10

V.C. En cualquiera de las realizaciones V.C., el precursor puede proporcionarse opcionalmente próximo a una emisión de plasma.

15

V.C. En cualquiera de las realizaciones V.C., el revestimiento puede aplicarse opcionalmente al sustrato con un espesor de 1 a 5000 nm, o 10 a 1000 nm, o 10-200 nm o 20 a 100 nm de espesor. El espesor de este y otros revestimientos puede medirse, por ejemplo, por microscopía electrónica de transmisión (TEM, por sus siglas en inglés).

20

V.C. La TEM puede llevarse a cabo, por ejemplo, de la siguiente forma. Las muestras pueden prepararse para realizar el corte transversal del haz iónico enfocado (FIB, por sus siglas en inglés) de dos maneras. Las muestras pueden revestirse primero con una capa fina de carbono (50-100 nm de espesor) y luego revestirse con una capa depositada electrónicamente de platino (50-100 nm de espesor) utilizando un sistema de revestimiento Emitech K575X o, las muestras pueden revestirse directamente con la capa protectora de Pt depositada electrónicamente. Las muestras revestidas pueden colocarse en un sistema de FEI FIB200 FIB. Una capa adicional de platino puede depositarse en FIB por inyección de un gas organometálico mientras que se barre el haz iónico de galio de 30kV sobre el área de interés. El área de interés para cada muestra puede elegirse de forma que sea una ubicación a mitad del largo del cilindro de jeringa. Pueden extraerse secciones transversales finas con una medida de aproximadamente 15 μm ("micrómetros") de largo, 2 μm de ancho y 15 μm de profundidad de la superficie de la matriz utilizando una técnica de extracción FIB *in situ*. Las secciones transversales pueden unirse a una rejilla para TEM de cobre de malla 200 utilizando platino depositado en FIB. Una o dos ventanas en cada sección, con una medida de $\sim 8 \mu\text{m}$ de ancho, pueden hacerse más finas a la transparencia de electrones utilizando el haz iónico de galio del FIB FEI.

25

30

V.C. El análisis de imagen transversal de las muestras preparadas puede realizarse utilizando un microscopio electrónico de transmisión (TEM, por sus siglas en inglés), o un microscopio electrónico de barrido para transmisión (STEM, por sus siglas en inglés) o ambos. Todos los datos de formación de imágenes pueden registrarse digitalmente. Para la formación de imágenes de STEM, la rejilla con las láminas metálicas más finas puede transferirse a un STEM especializado Hitachi HD2300. Las imágenes electrónicas de barrido transmitidas pueden adquirirse a amplificaciones adecuadas en modo de contraste de número atómico (ZC) y modo de electrones transmitidos (TE). Pueden utilizarse los siguientes ajustes del instrumento.

35

Instrumento	Microscopio electrónico de barrido para transmisión
Fabricante/Modelo	Hitachi HD2300
Voltaje de aceleración	200kV
Apertura del objetivo	#2
Ajuste de la lente 1 del condensador	1.672
Ajuste de la lente 2 del condensador	1.747
Ajuste de la lente del objetivo aproximado	5.86
Lente del proyector en modo ZC	1.149
Lente del proyector en modo TE	0.7

Adquisición de imágenes

Resolución en píxeles	1280x960
Tiempo de adquisición	20 s (x4)

V.C. Para análisis por TEM, las rejillas de muestra pueden transferirse a un microscopio electrónico de transmisión HF2000 Hitachi. Las imágenes electrónicas transmitidas pueden adquirirse a ampliaciones apropiadas. Los ajustes del instrumento relevantes utilizados durante la adquisición de imágenes pueden ser los que se proporcionan a continuación.

5

Instrumento	Microscopio electrónico de transmisión
Fabricante/Modelo	Hitachi HF2000
Voltaje de aceleración	200 kV
Lente 1 del condensador	0.78
Lente 2 del condensador	0
Lente del objetivo	6.34
Apertura de la lente del condensador	#1
Apertura de la lente del objetivo para la creación de imágenes	#3
Apertura del área selectiva para SAD	N/C

V.C. En cualquiera de las realizaciones V.C., el sustrato puede comprender vidrio o un polímero, por ejemplo, un polímero de policarbonato, un polímero olefínico, un copolímero cicloolefínico, un polímero de polipropileno, un polímero de poliéster, un polímero tereftalato de polietileno o una combinación de dos o más de estos.

10 V.C. En cualquiera de las realizaciones V.C., la PECVD opcionalmente puede realizarse activando el reactivo gaseoso que contiene el precursor con electrodos alimentados a una frecuencia de RF como se define anteriormente, por ejemplo, una frecuencia de 10 kHz a menos de 300 MHz, más preferentemente de 1 a 50 MHz, incluso más preferentemente de 10 a 15 MHz, aún más preferentemente a una frecuencia de 13.56 MHz.

15 V.C. En cualquiera de las realizaciones V.C., el plasma puede generarse activando el reactivo gaseoso que comprende el precursor con electrodos alimentados con potencia eléctrica suficiente para formar un revestimiento lubricante. Opcionalmente, el plasma se genera activando el reactivo gaseoso que contiene el precursor con electrodos alimentados con una potencia eléctrica de 0.1 a 25 W, preferentemente de 1 a 22 W, más preferentemente de 3 a 17 W, incluso más preferentemente de 5 a 14 W, aún más preferentemente de 7 a 11 W, en particular de 8 W. La relación entre la potencia de los electrodos y el volumen de plasma puede ser menor de 10 W/mL, preferentemente es de 5 W/mL a 0.1 W/mL, más preferentemente es de 4 W/mL a 0.1 W/mL, aún más preferentemente de 2 W/mL a 0.2 W/mL. Estos niveles de potencia son adecuados para aplicar revestimientos lubricantes a jeringas, tubos de muestreo y recipientes de geometría similar con un volumen de vacío de 1 a 3 mL en el cual se genera el plasma por PECVD. Se contempla que para objetos más grandes o más pequeños, la potencia aplicada debería, por lo tanto, aumentarse o reducirse para adecuar el proceso al tamaño del sustrato.

25 V.C. Un producto contemplado puede ser opcionalmente una jeringa que tiene un cilindro tratado por medio del método de una o más cualesquiera de las realizaciones V.C.

V.D. Revestimientos aplicados como un líquido

V.D. Otro ejemplo de una barrera u otro tipo de revestimiento adecuado utilizable junto con revestimientos aplicados por PECVD u otro tratamiento por PECVD, como los descritos en la presente, puede ser un una barrera líquida, un lubricante, la

adaptación de la energía de la superficie u otro tipo de revestimiento 90 aplicado a la superficie interior de un recipiente directamente o con uno o más revestimientos interpuestos aplicados por PECVD de $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$, SiO_x , un revestimiento lubricante o ambos.

5 V.D. También pueden aplicarse opcionalmente barreras líquidas u otros tipos de revestimientos 90 adecuados, por ejemplo, aplicando un monómero líquido u otro material polimerizable o curable a la superficie interior del recipiente 80 y curando, polimerizando o reticulando el monómero líquido para formar un polímero sólido. También pueden proporcionarse una barrera líquida u otros tipos de revestimientos 90 adecuados aplicando un polímero dispersado en un disolvente a la superficie 88 y eliminando el disolvente.

10 V.D. Cualquiera de los métodos anteriores puede incluir como una etapa la formación de un revestimiento 90 sobre el interior 88 de un recipiente 80 a través del puerto de recipientes 92 en una estación o dispositivo de procesamiento 28. Un ejemplo es aplicar un revestimiento líquido, por ejemplo, una dispersión monomérica, prepolimérica o polimérica curable, a la superficie interior 88 de un recipiente 80 y curarla para formar una película que aísla físicamente el contenido del recipiente 80 de su superficie interior 88. La técnica anterior describe la tecnología de revestimiento polimérico como adecuada para revestir tubos de extracción de sangre de plástico. Por ejemplo, opcionalmente pueden utilizarse materiales de revestimiento acrílicos y de cloruro de polivinilideno (PVdC) y los métodos de revestimiento descritos en la Patente de los Estados Unidos 6.165.566, que se incorpora a la presente por referencia.

15 V.D. Cualquiera de los métodos anteriores también puede incluir como una etapa la formación de un revestimiento sobre la pared exterior externa de un recipiente 80. El revestimiento puede ser opcionalmente un revestimiento de barrera, opcionalmente un revestimiento de barrera contra el oxígeno u opcionalmente un revestimiento de barrera contra el agua. Un ejemplo de un revestimiento adecuado es el cloruro de polivinilideno, el cual funciona como una barrera contra el agua y una barrera contra el oxígeno. Opcionalmente, el revestimiento de barrera puede aplicarse como un revestimiento acuoso. El revestimiento opcionalmente puede aplicarse sumergiendo el recipiente en este, pulverizándolo sobre el recipiente u otros recursos. También se contempla un recipiente que tiene un revestimiento de barrera exterior como el descrito anteriormente.

25 **Inspección del recipiente**

Una estación o dispositivo que se muestra en la FIG. 1 es la estación o dispositivo de procesamiento 30 que puede estar configurado para inspeccionar la superficie interior de un recipiente 80 en busca de defectos, por ejemplo, midiendo la pérdida de presión de aire, la tasa de flujo másico o la tasa de flujo volumétrico a través de la pared de un recipiente, o la desgasificación de una pared del recipiente. El dispositivo 30 puede operar de forma similar al dispositivo 26, salvo que puede requerir que el recipiente tenga un mejor rendimiento (menos fugas o menor permeación en unas condiciones de proceso dadas) para superar la inspección del dispositivo 30, ya que en la realización ilustrada la estación o dispositivo 28 ha aplicado una barrera u otro tipo de revestimiento antes de llegar a la estación o dispositivo 30. En una realización, esta inspección del recipiente revestido 80 se puede comparar con la inspección del mismo recipiente 80 en el dispositivo o estación 26. Menos fugas o una menor permeación en la estación o dispositivo 30 indican que el revestimiento de barrera funciona al menos en cierta medida.

30 La identidad de un recipiente 80 medida en dos estaciones diferentes o por dos dispositivos diferentes se puede establecer asignando características identificativas individuales, tales como un código de barras, otras marcas o un marcador o dispositivo identificador de radiofrecuencias (RFID), en cada uno de los soportes de recipientes 38-68 y equiparar la identidad de los recipientes medidos en dos o más puntos diferentes del transportador continuo que se muestra en la FIG. 1. Debido a que los soportes de recipientes se pueden reutilizar, se pueden registrar en una base de datos informática u otra estructura de almacenamiento de datos cuando llegan a la posición del soporte de recipientes 40 de la FIG. 1, justo después de que un nuevo recipiente 80 se haya asentado en el soporte de recipientes 40 y se haya retirado del registrador de datos durante o cerca del final del proceso, por ejemplo, al llegar o después de llegar a la posición del soporte de recipientes 66 en la FIG. 1 y el recipiente procesado 80 es retirado por el mecanismo de transferencia 74.

45 VI. La estación o dispositivo de procesamiento 32 puede configurarse para inspeccionar un recipiente, por ejemplo, una barrera u otro tipo de revestimiento aplicado al recipiente, en busca de defectos. En la realización ilustrada, la estación o dispositivo 32 determina la transmisión de fuente óptica del revestimiento como una medida del espesor del revestimiento. La barrera u otro tipo de revestimiento, si se aplica adecuadamente, puede hacer que el recipiente 80 sea más transparente, aunque se haya aplicado material adicional, dado que proporciona una superficie más uniforme.

50 VI. También se contemplan otras medidas del espesor del revestimiento, como utilizando medidas de interferencia para determinar la diferencia en la distancia recorrida entre una onda de energía que rebota en el interior del revestimiento 90 (interconectándose con la atmósfera en el interior del recipiente 154) y una onda de energía que rebota en la superficie interior 88 del recipiente 80 (interconectándose con la parte externa del revestimiento 90). Hay constancia de que la diferencia en la distancia recorrida puede determinarse directamente, como por ejemplo, midiendo el tiempo de llegada de

las ondas respectivas con alta precisión o, indirectamente, como por ejemplo, determinando qué longitudes de onda de la energía incidente son reforzadas o canceladas con relación a las condiciones de prueba.

- 5 VI. Otra técnica de medida que se puede utilizar para verificar la integridad del revestimiento es una medida elipsométrica en el dispositivo. En este caso, se puede proyectar un haz de láser polarizado desde el interior o el exterior del recipiente 80. En el caso de un haz de láser proyectado desde el interior, el haz de láser se puede apuntar ortogonalmente a la superficie y posteriormente se puede medir el haz transmitido o reflejado. Puede medirse el cambio en la polaridad del haz. Debido a que un revestimiento o tratamiento sobre la superficie del dispositivo ejercerá un efecto sobre (cambiará) la polarización del haz de láser, puede que cambios en la polaridad sean el resultado deseado. Los cambios en la polaridad son un resultado directo de la existencia de un revestimiento o tratamiento sobre la superficie y la magnitud de los cambios está relacionada con la cantidad de tratamiento o revestimiento.
- 10 VI. Si el haz polarizado se proyecta desde el exterior del dispositivo, puede posicionarse un detector en el interior para medir el componente transmitido del haz (y la polaridad determinada al igual que antes). Como alternativa, puede colocarse un detector fuera del dispositivo en una posición que pueda corresponder al punto de reflexión del haz desde la interfaz entre el tratamiento/revestimiento (en el interior del dispositivo). Los cambios en la polaridad pueden determinarse como se indicó anteriormente.
- 15 VI. Además de medir las propiedades ópticas y/o tasas de fuga como se describe anteriormente, pueden insertarse otras sondas y/o dispositivos en el interior del dispositivo y pueden realizarse medidas con un aparato detector. Este aparato no está limitado por la técnica o método de medida. Pueden utilizarse otros métodos de prueba que emplean propiedades mecánicas, eléctricas o magnéticas, o cualquier otra propiedad física, óptica o química.
- 20 VI. Durante el montaje para el tratamiento con plasma, puede utilizarse opcionalmente un sistema de detección óptica para registrar el espectro de emisión de plasma (longitud de onda y perfil de intensidad), que corresponde a la única firma química del entorno del plasma. Este espectro de emisión característico confirma que el revestimiento ha sido aplicado y tratado. El sistema también ofrece una medida de la precisión en tiempo real y una herramienta para el archivo de datos para cada parte procesada.
- 25 VI. Cualquiera de los métodos anteriores puede incluir como una etapa la inspección de la superficie interior 88 de un recipiente 80 en busca de defectos en una estación de procesamiento tal como 24, 26, 30, 32 ó 34. La inspección se puede llevar a cabo, tal como en las estaciones 24, 32 y 34, insertando una sonda detectora 172 en el recipiente 80 a través del puerto de recipientes 92 y detectando el estado de la superficie interior del recipiente 88 o una barrera u otro tipo de revestimiento 90 utilizando la sonda 172. La inspección se puede llevar a cabo, tal como se muestra en la FIG. 11, radiando energía hacia el interior a través de la pared del recipiente 86 y la superficie interior del recipiente 88, y detectando la energía con la sonda 172. O la inspección se puede llevar a cabo reflejando la radiación de la superficie interior del recipiente 88 y detectando la energía con un detector localizado dentro del recipiente 80. O la inspección se puede llevar a cabo detectando el estado de la superficie interior del recipiente 88 en muchas posiciones poco separadas en la superficie interior del recipiente.
- 30 VI. Cualquiera de los métodos anteriores puede incluir llevar a cabo la etapa de inspección en un número suficiente de posiciones en toda la superficie interior del recipiente 88 para determinar si la barrera u otro tipo de revestimiento 90 evita de forma efectiva que la presión dentro del recipiente, cuando se vacía inicialmente y su pared se expone a la atmósfera ambiental, aumente hasta más de un 20% de la presión atmosférica ambiental durante una vida útil de un año.
- 35 VI. Cualquiera de los métodos anteriores puede incluir llevar a cabo la etapa de inspección en un plazo menor o igual a 30 segundos por recipiente, o menor o igual a 25 segundos por recipiente, o menor o igual a 20 segundos por recipiente, o menor o igual a 15 segundos por recipiente, o menor o igual a 10 segundos por recipiente, o menor o igual a 5 segundos por recipiente, o menor o igual a 4 segundos por recipiente, o menor o igual a 3 segundos por recipiente, o menor o igual a 2 segundos por recipiente, o menor o igual a 1 segundo por recipiente. Esto se puede conseguir, por ejemplo, midiendo la eficacia de la barrera u otro tipo de pared del recipiente revestida, tal como se muestra en la FIG. 7, que puede implicar una medida para el recipiente 80 entero, o inspeccionando muchos o incluso todos los puntos de inspección en paralelo, como utilizando un dispositivo de carga acoplado tal como el detector 172 mostrado o reemplazable en las FIGS. 6, 10 y 11. La última etapa puede utilizarse para detectar el estado de la barrera u otro tipo de revestimiento en numerosas posiciones poco separadas en la superficie interior del recipiente 88 en un tiempo total muy corto.
- 40 VI. En cualquier realización del método, se puede agilizar aún más la inspección del recipiente en múltiples puntos, si se desea, recogiendo datos con un dispositivo de carga acoplada 172, que transporta el recipiente 80 que se acaba de inspeccionar y procesando los datos recogidos poco después, mientras que el recipiente 80 avanza en la línea de procesamiento. Si más tarde se determina mediante el procesamiento de los datos que hay un defecto en el recipiente 80, el recipiente 80 defectuoso puede retirarse de la línea en un punto posterior a la estación de detección tal como 34 (FIG. 10).
- 45
- 50

- 5 VI. En cualquiera de las realizaciones anteriores, la etapa de inspección puede llevarse a cabo en un número suficiente de posiciones en toda la superficie interior 88 del recipiente 80 para determinar si la barrera u otro tipo de revestimiento 90 evita de forma efectiva que el nivel inicial de vacío (es decir, la reducción inicial de presión frente a la ambiental) en el recipiente 80, cuando se vacía inicialmente y su pared 86 se expone a atmósfera ambiental, disminuya más de un 20%, opcionalmente más de un 15%, opcionalmente más de un 10%, opcionalmente más de un 5%, opcionalmente más de un 2%, durante una vida útil de al menos 12 meses o al menos 18 meses o al menos dos años.
- 10 VI. El nivel de vacío inicial puede ser un vacío alto, es decir, una presión restante de menos de 10 Torr, o un vacío más bajo tal como de menos de 20 Torr de presión positiva (es decir, el exceso de presión respecto a un vacío completo) o menos de 50 Torr o menos de 100 Torr o menos de 150 Torr o menos de 200 Torr o menos de 250 Torr o menos de 300 Torr o menos de 350 Torr o menos de 380 Torr de presión positiva. El nivel de vacío inicial de tubos de extracción de sangre al vacío, por ejemplo, viene determinado en muchos casos por el tipo de prueba para la cual se usa el tubo y, por lo tanto, el tipo y la cantidad apropiada de un reactivo que se agrega al tubo al fabricarlo. El nivel de vacío inicial se suele establecer para extraer el volumen correcto de sangre que se ha de combinar con la carga de reactivo en el tubo.
- 15 VI. En cualquiera de las realizaciones anteriores, la etapa de inspección de la barrera u otro tipo de revestimiento 90 puede llevarse a cabo en un número suficiente de posiciones en toda la superficie interior del recipiente 88 para determinar si la barrera u otro tipo de revestimiento 90 evita de forma efectiva que la presión dentro del recipiente 80, cuando se vacía inicialmente y su pared se expone a la atmósfera ambiental, aumente hasta más de un 15% o más de un 10% de la presión atmosférica ambiental durante una vida útil de al menos un año.
- 20 VI.A. Procesamiento del recipiente que incluye la inspección prerrevestimiento y posrevestimiento
- 25 VI.A. Otra realización adicional es un método de procesamiento de un recipiente para procesar un recipiente de plástico moldeado que tiene una abertura y una pared que definen una superficie interior. El método se lleva a cabo inspeccionando la superficie interior del recipiente a medida que es moldeado o justo antes del revestimiento en busca de defectos; aplicando un revestimiento a la superficie interior del recipiente después de inspeccionar el recipiente a medida que es moldeado; e inspeccionando el revestimiento en busca de defectos.
- 30 VI.A. Otra realización es un método de procesamiento de un recipiente en el cual se aplica un revestimiento de barrera al recipiente después de inspeccionar el recipiente a medida que es moldeado y la superficie interior del recipiente es inspeccionada en busca de defectos después de aplicar un revestimiento de barrera.
- 35 VI.A. En una realización, la estación o dispositivo 26 (que también puede funcionar como la estación o dispositivo 28 para aplicar un revestimiento) puede utilizarse de la siguiente forma para inspeccionar un recipiente barométricamente. Con una o ambas válvulas 136 y 148 abiertas, el recipiente 80 puede vaciarse hasta un grado deseado, opcionalmente a una presión muy baja tal como menos de 10 Torr, opcionalmente menos de 1 Torr. Cualquiera de las válvulas 136 y 148 que esté abierta inicialmente se puede cerrar posteriormente, aislando el interior al vacío 154 del recipiente 80 y el manómetro 152 de las condiciones ambientales y de la fuente de vacío 98. El cambio de presión en un tiempo de medida, ya sea debido a la entrada de gas a través de la pared del recipiente o la desgasificación del material de la pared y/o un revestimiento sobre la pared del recipiente, se puede percibir y utilizar para calcular la tasa de entrada de gas ambiental en el recipiente 80 montado en el soporte de recipientes 44. A efectos de la presente, la desgasificación se define como la liberación de gases adsorbidos u ocluidos o de vapor de agua de la pared del recipiente, opcionalmente en un vacío al menos parcial.
- 40 VI.A. Otra modificación opcional puede ser para proporcionar el gas ambiental a una presión mayor que la presión atmosférica. Esto nuevamente puede aumentar la tasa de transferencia de gas a través de una barrera u otro tipo de capa, lo cual proporciona una diferencia mensurable en menos tiempo que si se hubiese proporcionado una presión ambiental más baja. Como alternativa, puede introducirse gas en el recipiente 80 a una presión más alta que la presión atmosférica, lo cual hace que la tasa de transferencia a través de la pared 86 aumente de nuevo.
- 45 VI.A. Opcionalmente, la inspección del recipiente en la estación o por medio del dispositivo 26 puede modificarse proporcionando un gas de inspección, tal como helio, en un lado anterior con respecto al sustrato, dentro o fuera del recipiente 80, y detectándolo en el lado posterior. También puede utilizarse como gas de inspección un gas de bajo peso molecular, tal como hidrógeno, o un gas menos costoso o más disponible, tal como oxígeno o nitrógeno.
- 50 VI.A. El helio se contempla como un gas de inspección que puede aumentar la tasa de detección de fugas o permeación, dado que pasará a través de una barrera imperfecta u otro tipo de revestimiento, o pasará por un sello con fugas, mucho más rápidamente que los gases ambientales usuales tales como nitrógeno y oxígeno en aire común. El helio tiene una gran tasa de transferencia a través de muchos sustratos sólidos o pequeñas separaciones debido a que: (1) es inerte, de modo que no es adsorbido por el sustrato en gran medida, (2) no se ioniza fácilmente, así que las moléculas son muy compactas debido al alto nivel de atracción entre sus electrones y núcleo, y (3) tiene un peso molecular de 4, en oposición al nitrógeno (peso molecular 28) y al oxígeno (peso molecular 32), haciendo nuevamente que las moléculas sean más compactas y que pasen fácilmente a través de un sustrato poroso o separación. Debido a estos factores, el helio pasará a través de una

barrera con una permeabilidad dada mucho más rápidamente que muchos otros gases. Además, la atmósfera contiene una proporción extremadamente pequeña de helio de forma natural, de modo que la presencia de helio adicional puede ser relativamente fácil de detectar, particularmente si el helio se introduce en el recipiente 80 y se detecta fuera del recipiente 80 para medir las fugas y la permeación. El helio puede detectarse por una caída de presión antes del sustrato o por otros medios, tal como un análisis espectroscópico del gas una vez que ya pasó a través del sustrato.

VI.A. A continuación se presenta un ejemplo de inspección barométrica del recipiente determinando la concentración de oxígeno a partir de la detección de fluorescencia en presencia de O₂.

VI.A. Se utilizan una fuente de excitación (Ocean Optics USB-LS-450 Pulsed Blue LED), un montaje de fibras (Ocean Optics QBIF6000-VIS-NIR), un espectrómetro (espectrómetro de fluorescencia USB4000-FL), una sonda detectora de oxígeno (Ocean Optics FOXY-R) y una alimentación de vacío a través de un adaptador (como VFT-1000-VIS-275) conectado a una fuente de vacío. Puede aplicarse un vacío para eliminar el aire ambiental y, cuando el recipiente se encuentra a una presión definida, puede determinarse el contenido de oxígeno que se haya fugado o penetrado para rellenar el recipiente de aire ambiental utilizando el sistema de detección. Un tubo revestido reemplaza el tubo sin revestir y puede medirse la concentración de O₂. El tubo revestido presentará un contenido de oxígeno atmosférico reproduciblemente diferente a la muestra sin revestir debido a la absorción de la superficie de O₂ diferencial sobre el tubo revestido (una superficie de SiO_x frente a una superficie de PET o vidrio sin revestir) y/o al cambio en la tasa de difusión de O₂ de la superficie. El tiempo de detección puede ser de menos de un segundo.

VI.A. No se debe considerar que estos métodos barométricos se limiten a un gas específico percibido (puede considerarse la detección con helio u otros gases) o un aparato o disposición específicos.

VI.A. La estación o dispositivo de procesamiento 34 también puede estar configurado para inspeccionar una barrera u otro tipo de revestimiento en busca de defectos. En la realización de las FIGS. 1 y 10, la estación o dispositivo de procesamiento 34 puede ser otra inspección óptica, esta vez diseñada para escanear o medir por separado las propiedades de al menos una porción de la barrera u otro tipo de revestimiento 90, o sustancialmente la barrera entera u otro tipo de revestimiento 90, en numerosas posiciones poco separadas en la barrera u otro tipo de revestimiento 90. Las numerosas posiciones poco separadas pueden tener una separación, por ejemplo, de aproximadamente 1 micrón, o aproximadamente 2 micrones, o aproximadamente 3 micrones, o aproximadamente 4 micrones o aproximadamente 5 micrones, o aproximadamente 6 micrones o aproximadamente 7 micrones, ya sea en cada caso o en promedio al menos en parte de la superficie, de esta forma se miden por separado algunas o todas las porciones pequeñas de la barrera u otro tipo de revestimiento 90. En una realización, un barrido separado de cada área pequeña del revestimiento puede ser útil para detectar perforaciones individuales u otros defectos y para distinguir los efectos locales de defectos que son perforaciones de defectos más generales, tales como un área grande con un revestimiento que es demasiado fino o poroso.

VI.A. La inspección de la estación o dispositivo 34 puede llevarse a cabo insertando una fuente de radiación o de luz 170 o cualquier otra fuente adecuada de radiofrecuencias, microondas, infrarrojos, luz visible, ultravioleta, rayos X o haz de electrones, por ejemplo, en el recipiente 80 a través del puerto del recipientes 92 y detectando el estado de la superficie interior del recipiente, por ejemplo, el revestimiento de barrera 90, detectando la radiación transmitida desde la fuente de radiación utilizando un detector.

VI.A. El sistema de soporte de recipientes anterior también puede utilizarse para evaluar el dispositivo. Por ejemplo, la sonda 108 de la FIG. 2, que tiene un puerto de suministro de gas 110, puede reemplazarse por una fuente de luz 170 (FIG. 10). La fuente de luz 170 puede irradiar el interior del tubo y las pruebas posteriores pueden completarse fuera del tubo, midiendo la transmisión u otras propiedades. La fuente de luz 170 puede extenderse hacia el interior del tubo del mismo modo que la sonda 108 se empuja hacia el interior del disco o soporte de recipientes 62, aunque no se requieran necesariamente un vacío ni sellos. La fuente de luz 170 puede ser una fuente de fibra óptica, un láser, una fuente puntual (tal como un LED) o cualquier otra fuente de radiación. La fuente puede irradiar en una o más frecuencias del UV profundo (100 nm) en el infrarrojo lejano (100 micrones) y todas las frecuencias intermedias. No hay limitación con respecto a la fuente que puede utilizarse.

VI.A. Como ejemplo específico, remítase a la FIG. 10. En la FIG. 10, el tubo o recipiente 80 se coloca en el disco o soporte de recipientes 62 y se inserta una fuente de luz 170 al final de la sonda 108 en el tubo. La fuente de luz 170 en este caso puede ser una fuente LED azul con suficiente intensidad para ser recibida por el detector 172 que rodea el exterior del recipiente 80. La fuente de luz 170 puede ser, por ejemplo, un dispositivo de carga acoplada (CCD, por sus siglas en inglés) tridimensional que comprende un conjunto de píxeles, tales como 174, en su superficie interior 176. Los píxeles, tales como 174, reciben y detectan la iluminación radiada a través de la barrera u otro tipo de revestimiento 90 y la pared del recipiente 86. En esta realización, el detector 172 tiene un diámetro interno mayor relativo al recipiente 80 que la separación entre el electrodo 164 y el recipiente 80 de la FIG. 2 y tiene una porción superior cilíndrica adyacente al extremo cerrado 84 en vez de una porción superior hemisférica. El detector externo 172 puede tener un espacio radial menor desde el recipiente 80 y un espacio de dimensiones más uniformes en su porción superior adyacente al extremo cerrado 84. Esto se puede

conseguir, por ejemplo, proporcionando un centro común de curvatura para el extremo cerrado 84 y la parte superior del detector 172 cuando el recipiente 80 está asentado. Esta variación puede proporcionar una inspección más uniforme del extremo cerrado curvado 84 del recipiente 80, aunque cualquiera de las variaciones se contempla como adecuada.

5 VI.A. Antes de encender la fuente de luz, se mide con el CCD y el valor resultante se almacena como un fondo (que puede sustraerse de medidas posteriores). La fuente de luz 170 se enciende luego y se realizan medidas con el CCD. Las mediciones resultantes pueden utilizarse posteriormente para computar la transmisión total de luz (y compararla con un tubo sin revestir para determinar el espesor promedio del revestimiento) y la densidad de defectos (realizando conteos de fotones en cada elemento del CCD y comparándolos con un valor umbral - si el conteo de fotones es inferior, entonces esto corresponde a que no se está transmitiendo suficiente luz). Una transmisión de luz baja probablemente es el resultado de la ausencia de revestimiento o de un revestimiento demasiado fino - un defecto en el revestimiento del tubo. Midiendo el número de elementos adyacentes que tienen un conteo de fotones bajo puede estimarse el tamaño de los defectos. Sumando el tamaño y el número de defectos, puede determinarse la calidad del tubo o pueden determinarse otras propiedades que pueden ser específicas para la frecuencia de la radiación de la fuente de luz 170.

10 VI.A. En la realización de la FIG. 10, se puede radiar energía hacia afuera a través de la superficie interior del recipiente, tal como a través del revestimiento 90 y la pared del recipiente 86, y se puede detectar con un detector 172 localizado en el exterior del recipiente. Pueden utilizarse varios tipos de detectores 172.

15 VI.A. Dado que la radiación incidente de la fuente 170 transmitida a través de la barrera u otro tipo de revestimiento 90 y la pared del recipiente 80 puede ser mayor para un ángulo de incidencia inferior (en comparación con una línea de referencia normal respecto de la pared del recipiente 80 en un punto dado), los píxeles, tales como 174, que se encuentran en una línea normal a través de la pared del recipiente 86 recibirán más radiación que los píxeles cercanos, aunque más de un píxel puede recibir parte de la luz que pasa a través de una porción dada de la barrera u otro tipo de revestimiento, y la luz que pasa a través de más de una porción dada de la barrera u otro tipo de revestimiento 90 y la pared del recipiente 80 será recibida por un píxel particular tal como 174.

20 VI.A. El grado de resolución de los píxeles, tales como 174, para detectar la radiación que pasa a través de una porción particular de la barrera u otro tipo de revestimiento 90 y la pared del recipiente 86 puede aumentarse colocando el CCD de forma que su conjunto de píxeles, tales como 174, esté muy próximo y se ajuste al contorno de la pared del recipiente 86. El grado de resolución también se puede incrementar seleccionando una fuente de luz esencialmente puntual o menor, como se muestra en el diagrama de la FIG. 6, para iluminar el interior del recipiente 80. Utilizar píxeles menores también mejorará la resolución del conjunto de píxeles en el CCD.

25 VI.A. En la Figura 6, una fuente de luz puntual 132 (láser o LED) se posiciona en el extremo de una varilla o sonda. ("Fuente puntual" se refiere a la luz que emana de una fuente de pequeño volumen similar a un punto matemático, que puede ser generada por un LED pequeño o la punta difusora de una fibra óptica que irradia luz en todas las direcciones, o a la luz emanada como un pequeño haz transversal, tal como la luz coherente transmitida por un láser). La fuente de luz puntual 132 puede permanecer inmóvil o puede moverse, por ejemplo, en la dirección axial, mientras se están midiendo las características de la barrera u otro tipo de revestimiento 90 y la pared del recipiente 80. Si se mueve, la fuente de luz puntual 132 se puede mover hacia arriba y hacia abajo dentro del dispositivo (tubo) 80. De forma análoga a lo descrito anteriormente, la superficie interior 88 del recipiente 80 se puede escanear y se pueden llevar a cabo medidas posteriores con un aparato detector externo 134 para determinar la integridad del revestimiento. Una ventaja de este método es que puede utilizarse una fuente de luz linealmente polarizada o coherente similar con direccionalidad específica.

30 VI.A. La posición de la fuente de luz puntual 132 se puede indexar respecto a los píxeles, tales como 174, de forma que se puede determinar la iluminación de los detectores en el momento en el que el detector está en ángulo normal respecto a un área particular del revestimiento 90. En la realización de la FIG. 10, se puede utilizar un detector cilíndrico 172, opcionalmente con un extremo curvado que se ajusta a la curva (en caso de que la hubiera) del extremo cerrado 84 de un recipiente 80, para detectar las características de un recipiente cilíndrico 80.

35 VI.A. Se sobreentenderá, haciendo referencia a la FIG. 10, que la estación o dispositivo de inspección 24 ó 34 se puede modificar invirtiendo las posiciones de la luz u otra fuente de radiación 170 y el detector 172 de forma que la luz se irradie a través de la pared del recipiente 86 desde el exterior al interior del recipiente 80. Si se selecciona este recurso, en una realización se puede proporcionar una fuente uniforme de luz incidente u otra radiación insertando el recipiente 80 en una abertura 182 a través de la pared 184 de una fuente de luz para una esfera integradora 186. Una fuente de luz para una esfera integradora dispersará la luz o radiación desde la fuente 170 en el exterior del recipiente 80 y dentro de la esfera integradora, de forma que la luz que pasa a través de los puntos respectivos de la pared 86 del recipiente 80 será relativamente uniforme. Esto tenderá a reducir las deformaciones causadas por artefactos con respecto a porciones de la pared 86 que tienen diferentes formas.

5 VI.A. En la realización de la FIG. 11, se puede demostrar que el detector 172 se ajusta estrechamente a la barrera u otro tipo de revestimiento 90 o la superficie interior 88 del recipiente 80. Debido a que el detector 172 puede estar en el mismo lado de la pared del recipiente 86 que la barrera u otro tipo de revestimiento 80, esta proximidad tenderá a aumentar la resolución de los píxeles, tales como 174, aunque en esta realización el detector 172 estará preferentemente colocado correctamente, con respecto a la barrera u otro tipo de revestimiento 90, para evitar que se raspen el uno contra el otro posiblemente dañando el revestimiento o el equipo CCD. Colocar el detector 172 justo al lado del revestimiento 90 también puede reducir los efectos de refracción de la pared del recipiente 86, lo cual sucede en la realización de la FIG. 10 después de que la luz u otra radiación pase a través de la barrera u otro tipo de revestimiento 90, de modo que la señal que se ha de detectar se puede refractar diferencialmente dependiendo de la forma local del recipiente 80 y el ángulo de incidencia de la luz u otra radiación.

15 VI.A. Pueden utilizarse también otra barrera u otro tipo de técnicas y dispositivos de inspección de revestimiento. Por ejemplo, pueden utilizarse medidas de fluorescencia para caracterizar el tratamiento/revestimiento en el dispositivo. Utilizando el mismo aparato que se describe en la FIG. 10 y 6, se puede seleccionar una fuente de luz 132 ó 170 (u otra fuente de radiación) que puede interaccionar con el material polimérico de la pared 86 y/o un adulterante en el material polimérico de la pared 86. Acoplado a un sistema de detección, este se puede utilizar para caracterizar un rango de propiedades incluidos los defectos, los espesores y otros factores referentes al rendimiento.

20 VI.A. Otro ejemplo de inspección consiste en el uso de rayos X para caracterizar el tratamiento/revestimiento y/o el polímero en sí mismo. En las FIGS. 10 ó 6, la fuente de luz se puede reemplazar con un fuente de radiación x y el detector externo puede ser de un tipo que permita medir la intensidad de rayos X. Se puede realizar un análisis experimental de la barrera u otro tipo de revestimiento utilizando esta técnica.

25 VI.A. Después de moldear un dispositivo 80, como en la estación 22, pueden surgir varios posibles problemas que harán imperfecto y, posiblemente, inefectivo cualquier tratamiento o revestimiento posterior. Si los dispositivos se inspeccionan antes del revestimiento para detectar estos problemas, los dispositivos pueden revestirse mediante un proceso controlado altamente optimizado, opcionalmente hasta 6 sigma, que garantizará la obtención de un resultado (o resultados) deseado(s).

VI.A. Algunos de los posibles problemas que pueden interferir con el tratamiento y el revestimiento incluyen (dependiendo de la naturaleza del artículo revestido que se ha de producir):

30 VI.A. 1. Gran densidad de defectos de contaminación del particulado (por ejemplo, cada uno de más de 10 micrómetros en su mayor dimensión) o una densidad menor de gran contaminación de particulado (por ejemplo, cada uno de más de 10 micrómetros en su mayor dimensión).

VI.A. 2. Contaminación química o de otra superficie (por ejemplo, desmoldante de silicona o aceite).

VI.A. 3. Alta aspereza de la superficie, caracterizada por un gran/alto número de picos y/o valles abruptos. Esto también puede caracterizarse cuantificando la aspereza media (Ra) que debería ser menor de 100 nm.

VI.A. 4. Cualquier defecto en el dispositivo tal como un agujero que no permita que se cree un vacío.

35 VI.A. 5. Cualquier defecto en la superficie del dispositivo que se utilice para crear un sello (por ejemplo, el extremo abierto de un tubo de recogida de muestras).

VI.A. 6. Falta de uniformidad en el espesor de la pared que puede impedir o modificar el acoplamiento de potencia a través del espesor durante el tratamiento o revestimiento.

VI.A. 7. Otros defectos que harán que la barrera u otro tipo de revestimiento sea inefectivo.

40 VI.A. Para asegurarse de que la operación de tratamiento/revestimiento sea exitosa utilizando los parámetros de la operación de tratamiento/revestimiento, el dispositivo puede preinspeccionarse para detectar uno o más de los posibles problemas anteriores u otros problemas. Previamente, se describió un aparato para sostener un dispositivo (un disco o soporte de recipientes tal como 38-68) y desplazarlo a lo largo de un proceso de producción, incluidas varias pruebas y una operación de tratamiento/revestimiento. Pueden implementarse varias pruebas posibles para asegurar que un dispositivo tenga la superficie apropiada para el tratamiento/revestimiento. Estas incluyen:

45 VI.A. 1. Inspección óptica, por ejemplo, transmisión de radiación a través del dispositivo, reflexión de radiación desde el interior del dispositivo o desde el exterior, absorción de radiación por parte del dispositivo o interferencia con la radiación ejercida por el dispositivo.

VI.A. 2. Inspección digital – por ejemplo, utilizando una cámara digital que puede medir longitudes y geometrías específicas (por ejemplo, cómo de "redonda" o, de lo contrario, cómo de uniforme o correcta es la forma del extremo abierto de un tubo de recogida de muestras con respecto a un referente).

VI.A. 3. Revisión para comprobar que no existan fugas de vacío o pruebas de presión.

5 VI.A. 4. Pruebas sónicas (ultrasónicas) del dispositivo.

VI.A. 5. Análisis de rayos X.

VI.A. 6. La conductividad eléctrica del dispositivo (el material del tubo de plástico y SiO_x tienen diferente resistencia eléctrica – del orden de 1020 Ohm-cm para el cuarzo como material mayoritario y del orden de 1014 Ohm-cm para el tereftalato de polietileno, por ejemplo).

10 VI.A. 7. La conductividad térmica del dispositivo (por ejemplo, la conductividad térmica del cuarzo como material mayoritario es de aproximadamente 1.3 W-°K/m, mientras que la conductividad térmica del tereftalato de polietileno es de 0.24 W-°K/m).

VI.A. 8. Desgasificación de la pared del recipiente, que opcionalmente puede medirse como se describe más adelante mediante una inspección posrevestimiento para determinar la línea base de la desgasificación.

15 VI.A. Las pruebas anteriores se pueden llevar a cabo en una estación 24 como se muestra en la FIG. 6. En esta figura el dispositivo (por ejemplo, un tubo de recogida de muestras) se puede mantener en su sitio y se puede insertar una fuente de luz (u otra fuente) 132 en el dispositivo y se coloca un detector 134 adecuado en el exterior del dispositivo para medir el resultado adecuado.

20 VI.A. Si se detectan fugas de vacío, el dispositivo y el soporte de recipientes pueden acoplarse a una bomba de vacío y puede insertarse en el tubo un dispositivo de medida. Las pruebas también pueden realizarse como se indica en cualquier otra parte de la descripción.

25 VI.A. La estación o dispositivo de procesamiento 24 puede ser una estación de inspección visual y puede configurarse para inspeccionar una o más de las siguientes: la superficie interior 88 de un recipiente, su superficie exterior 118 o el interior de la pared 86 de dicho recipiente entre sus superficies 88 y 118 en busca de defectos. La inspección de la superficie exterior 118, la superficie interior 88 o la pared del recipiente 86 puede llevarse a cabo desde el exterior del recipiente 80, particularmente si el recipiente es transparente o translúcido para el tipo de radiación y longitud de onda utilizados en la inspección. La inspección de la superficie interior 88 puede facilitarse, si se desea, proporcionando una sonda de fibra óptica insertada en el recipiente 80 a través del puerto de recipientes 92, de modo que pueda obtenerse una vista del interior del recipiente 80 desde el exterior del recipiente 80. Por ejemplo, se puede utilizar un endoscopio o baroscopio en este ambiente.

30 VI.A. Otro recurso ilustrado en la FIG. 6 puede ser para insertar una fuente de luz 132 en un recipiente 80. La luz transmitida a través de la pared del recipiente 86 y artefactos del recipiente 80 puestos de manifiesto por la luz se pueden detectar desde el exterior del recipiente 80, tal como utilizando un aparato de medida detector 134. Esta estación o dispositivo 24 se puede utilizar, por ejemplo, para detectar y corregir o retirar recipientes 80 desalineados que no están debidamente asentados en el puerto de recipientes 96, o recipientes 80 que presentan una distorsión, impureza u otro defecto visible en la pared 86. La inspección visual del recipiente 80 también puede ser realizada por un trabajador que examine el recipiente 80, en vez de o además de la inspección mecánica.

35 VI.A. La estación o dispositivo de procesamiento 26, que se muestra con más detalle en la FIG. 7, puede estar configurado opcionalmente para inspeccionar la superficie interior 88 del recipiente 80 en busca de defectos y, por ejemplo, para medir la pérdida de presión del gas a través de la pared del recipiente 86, lo cual puede realizarse antes de proporcionar una barrera u otro tipo de revestimiento. Esta prueba puede llevarse a cabo creando una diferencia de presión entre los dos lados del revestimiento de barrera 90, tal como presurizando o creando el vacío en el interior del recipiente 80; aislando el interior 154 del recipiente 80 de forma que la presión permanezca constante sin fugas alrededor del sello ni permeación de gas a través de la pared del recipiente; y midiendo el cambio de presión por unidad de tiempo que se acumula a partir de estos problemas. Esta medida no revelará únicamente fugas de cualquier gas a través de la pared del recipiente 86, sino que también detectará un sello con fugas entre la boca 82 del recipiente y la junta tórica u otro sello 100, que puede indicar que existe un problema con la alineación del recipiente 80 o con la función del sello 100. En cualquier caso, el tubo asentado de forma indebida se puede corregir o se puede retirar de la línea de procesamiento, lo cual ahorra tiempo cuando se intenta conseguir o mantener un nivel de vacío adecuado durante el procesamiento y evita la dilución de los gases de proceso debido al aire que penetra por un sello defectuoso.

VI.A. Los sistemas anteriores pueden integrarse en un método de fabricación e inspección que comprende múltiples etapas.

5 VI.A. La FIG. 1, como se describió anteriormente, muestra una estructura esquemática de las etapas de un posible método (a pesar de que esta invención no se limita a un único concepto o método). Primero, el recipiente 80 se inspecciona visualmente en la estación o con el dispositivo 24, lo cual puede incluir la medida dimensional del recipiente 80. Si se detectan defectos, el dispositivo o recipiente 80 es rechazado y el disco o soporte de recipientes, tal como 38, se inspecciona en busca de defectos, se recicla o se retira.

10 VI.A. A continuación se evalúan la tasa de fuga u otras características del montaje de un soporte de recipientes 38 y el recipiente asentado 80, por ejemplo, en la estación 26, y se almacenan para compararlas después del revestimiento. El disco o soporte de recipientes 38 se desplaza posteriormente, por ejemplo, hasta la etapa de revestimiento 28. El dispositivo o recipiente 80 se reviste con SiO_x u otra barrera u otro tipo de revestimiento con una frecuencia para la fuente de alimentación de, por ejemplo, 13.56 MHz. Una vez revestido, el soporte de recipientes se vuelve a examinar para determinar su tasa de fuga u otras características (esto puede llevarse a cabo como una segunda prueba en la estación de pruebas 26 o una estación duplicada o similar, tal como 30 – el uso de una estación duplicada puede aumentar la producción del sistema).

20 VI.A. La medida después del revestimiento puede compararse con la medida sin revestimiento. Si la relación entre estos valores excede un nivel necesario preestablecido, que indique un rendimiento del revestimiento general aceptable, el soporte de recipientes y el dispositivo se mueven. A continuación se encuentra una estación de pruebas ópticas 32, por ejemplo, con una fuente de luz azul y un detector de esfera integradora externo para medir la luz total transmitida a través del tubo. Se puede requerir que el valor exceda un límite preestablecido en el cual el dispositivo es rechazado o reciclado para revestimiento adicional. A continuación (para dispositivos no rechazados), puede utilizarse una segunda estación de pruebas ópticas 34. En este caso, puede insertarse una fuente de luz puntual dentro del tubo o recipiente 80 e impulsarse hacia fuera lentamente mientras se toman las medidas con un arreglo de detectores CCD tubular fuera del tubo. Los datos se analizan posteriormente en una computadora para determinar la distribución de densidad de los defectos. Sobre la base de las mediciones, el dispositivo es aprobado para el envasado final o es rechazado.

25 VI.A. Opcionalmente, los datos anteriores se pueden registrar y representar gráficamente (por ejemplo, de manera electrónica) utilizando técnicas de control de proceso estadístico para garantizar una calidad de hasta 6 sigma.

VI.B. Inspección del recipiente detectando la desgasificación de la pared del envase a través de la capa de barrera

30 VI.B. Otra realización es un método para inspeccionar una barrera u otro tipo de capa sobre un material que desgasifica un vapor, que tiene varias etapas. Se proporciona una muestra de material que desgasifica un gas y tiene al menos una capa de barrera parcial. Opcionalmente, puede proporcionarse una presión diferencial en toda la capa de barrera, de forma tal que al menos parte del material que se desgasifica se encuentre en el lado de alta presión de la capa de barrera. En otra opción, puede permitirse que el gas desgasificado se difunda sin proporcionar una diferencia de presión. El gas desgasificado se mide. Si se proporciona una presión diferencial a través de la capa de barrera, la desgasificación puede medirse en el lado de presión más alta o presión más baja de la capa de barrera.

35 VI.B. Además, puede medirse la eficacia del revestimiento interior (aplicado anteriormente) midiendo la tasa de difusión de una especie específica o materiales adsorbidos en la pared del dispositivo (antes del revestimiento). En comparación con un tubo sin revestir (sin tratar), este tipo de medida puede proporcionar una medida directa de la barrera u otro tipo de propiedades del revestimiento o tratamiento, o la presencia o ausencia del revestimiento o tratamiento. El revestimiento o tratamiento detectado, en lugar o además de ser una capa de barrera, puede ser una capa lubricante, una capa hidrófoba, un revestimiento decorativo u otros tipos de capas que modifican la desgasificación del sustrato, ya sea aumentándolo o disminuyéndolo.

40 VI.B. Como ejemplo específico, utilizando el soporte de recipientes de la FIG. 2 y haciendo referencia nuevamente a la FIG. 7, un dispositivo o recipiente 80 se puede insertar en el disco o soporte de recipientes 44 (la prueba también se puede llevar a cabo en un recipiente asentado 80 portado en un disco o soporte de recipientes, tal como 44, que se desplaza desde otra operación tal como el revestimiento/tratamiento). Una vez que el soporte de recipientes se mueve hacia el área de pruebas de la barrera, el tubo o sonda de medida 108 puede insertarse en el interior (de manera similar al tubo de gas para el revestimiento, a pesar de que el tubo de medida no necesita extenderse tanto dentro del tubo). Ambas válvulas 136 y 148 pueden abrirse y el interior del tubo puede vaciarse (se crea el vacío).

50 VI.B. Una vez alcanzada la presión de medida deseada, las válvulas 136 y 148 pueden cerrarse y el manómetro 152 puede comenzar a medir la presión. Midiendo el tiempo que se tarda en alcanzar una presión particular (mayor que la presión inicial) o midiendo la presión alcanzada después de un periodo de tiempo, se puede medir la tasa de aumento (o tasa de fuga) del tubo, el soporte de recipientes, el canal de la bomba y todas las demás partes que están conectadas al volumen interior pero aisladas por la válvula 1 y la válvula 2. Si posteriormente se compara este valor con un tubo sin revestir, la

relación entre las dos medidas (el valor del tubo revestido dividido por el valor del tubo sin revestir) puede proporcionar una medida de la tasa de fuga a través de la superficie revestida del tubo. Esta técnica de medida puede requerir la minimización del volumen interior del soporte de recipientes, el canal de la bomba y todas las demás partes conectadas al volumen interior pero aisladas por las válvulas 1 y 2 (salvo el tubo/dispositivo) para minimizar el impacto de la permeación de gas o la desgasificación de estas superficies.

VI.B. En esta invención se hacen distinciones entre “permeación”, “fuga” y “difusión superficial” o “desgasificación”.

“Permeación”, como se utiliza en la presente en referencia a un recipiente, es el avance de un material a través de una pared 346 u otra obstrucción, como desde el exterior del recipiente hasta el interior o viceversa a lo largo de la trayectoria 350 en la FIG. 29 o la inversa de esa trayectoria.

La desgasificación se refiere al movimiento de un material absorbido o adsorbido, tal como la molécula gaseosa 354 ó 357 ó 359, hacia el exterior desde la pared 346 o el revestimiento 348 en la FIG. 29, por ejemplo, a través del revestimiento 348 (si está presente) y hacia el interior del recipiente 358 (a la derecha en la FIG. 29). La desgasificación también puede referirse al movimiento de un material, tal como 354 ó 357, hacia el exterior de la pared 346, a la izquierda como se muestra en la FIG. 29, por lo tanto, hacia el exterior del recipiente 357 como se ilustra. La desgasificación también puede referirse a la eliminación de material adsorbido de la superficie de un artículo, por ejemplo, la molécula gaseosa 355 de la superficie expuesta del revestimiento de barrera 90.

La fuga se refiere al movimiento de un material alrededor de la obstrucción representada por la pared 346 y el revestimiento 348 en vez de a través de o fuera de la superficie de la obstrucción, como por ejemplo, pasando entre un cierre y la pared de un recipiente cerrado con un cierre.

VI.B. La permeación es indicativa de la tasa de movimiento de gas a través de un material exento de espacios/defectos y no se refiere a fugas ni a desgasificación. Haciendo referencia a la FIG. 29, que muestra una pared de un recipiente u otro sustrato 346 que tiene un revestimiento de barrera 348, la permeación consiste en que un gas atraviese completamente el sustrato 346 y el revestimiento 348 a lo largo de la trayectoria 350 a través de ambas capas. La permeación se considera un proceso termodinámico y, por lo tanto, relativamente lento.

VI.B. Las medidas de permeación son muy lentas, dado que el gas que sufre permeación debe pasar completamente a través de una pared no fracturada del artículo plástico. En el caso de tubos de extracción de sangre al vacío, convencionalmente se utiliza una medida de la permeación de gas a través de su pared como una indicación directa de la propensión del recipiente a perder el vacío con el tiempo, pero suele ser una medida extremadamente lenta, que suele requerir una duración de prueba de seis días, por lo tanto, no es lo suficientemente rápida para permitir la inspección del revestimiento en línea. Dichas pruebas se suelen utilizar para pruebas fuera de línea de una muestra de recipientes.

VI.B. Las pruebas de permeación tampoco son una medida muy sensible de la eficacia de la barrera de un revestimiento fino sobre un sustrato grueso. Dado que todo el flujo de gas es a través del revestimiento y del sustrato, las variaciones en el flujo a través del sustrato grueso introducirán una variación que no se debe a la eficacia de la barrera del revestimiento per se.

VI.B. Los inventores encontraron un modo mucho más rápido y potencialmente más sensible para medir las propiedades de barrera de un revestimiento – midiendo la desgasificación de aire separado rápidamente u otros constituyentes gaseosos o volátiles de la pared del recipiente a través del revestimiento. Los constituyentes gaseosos o volátiles pueden ser cualquier material que de hecho se desgasifique o pueden seleccionarse entre uno o más materiales específicos que han de ser detectados. Los constituyentes pueden incluir, a modo no taxativo, oxígeno, nitrógeno, aire, dióxido de carbono, vapor de agua, helio, materiales orgánicos volátiles tales como alcoholes, cetonas, hidrocarburos, precursores del revestimiento, componentes del sustrato, subproductos de la preparación del revestimiento tales como organosilicios volátiles, subproductos de la preparación del sustrato revestido, otros constituyentes que están presentes o se introducen atravesando el sustrato, o mezclas o combinaciones de cualquiera de estos.

La difusión superficial y la desgasificación son sinónimos. Cada término se refiere a un fluido inicialmente adsorbido o absorbido en la pared 346, tal como la pared de un recipiente, y que es introducido en el espacio adyacente por acción de una fuerza motriz, tal como creando el vacío (creando el movimiento de aire indicado por la flecha 352 de la FIG. 29) dentro de un recipiente que tiene una pared para impulsar al fluido fuera de la pared hacia el interior del recipiente. La desgasificación o difusión se considera un proceso cinético, relativamente rápido. Se contempla que, para una nueva pared 346 con una resistencia considerable a la permeación a lo largo de la trayectoria 350, la desgasificación desplace rápidamente las moléculas, tales como 354, que están más próximas a la interfaz 356 entre la pared 346 y la capa de barrera 348. Esta desgasificación diferencial es sugerida por el gran número de moléculas, tales como 354, próximas a la interfaz 356 que se muestran como desgasificación y por el gran número de moléculas, tales como 358, que están más alejadas de la interfaz 356 y que no se muestran como desgasificación.

- 5 VI.B. Por lo tanto, se contempla otro método para inspeccionar una capa de barrera sobre un material que desgasifica un vapor, que incluye varias etapas. Se proporciona una muestra de material que desgasifica un gas y tiene al menos una capa de barrera parcial. Se proporciona una presión diferencial en toda la capa de barrera, de forma tal que al menos parte del material que se desgasifique se encuentre inicialmente en el lado de alta presión de la capa de barrera. Se mide el gas desgasificado transportado hacia el lado de presión inferior de la capa de barrera durante una prueba para determinar si la barrera está presente o su eficacia como barrera.
- 10 VI.B. En este método, el material que desgasifica un gas puede incluir un compuesto polimérico, un compuesto termoplástico o uno o más compuestos que tienen ambas propiedades. El material que desgasifica un gas puede incluir poliéster, por ejemplo, tereftalato de polietileno. El material que desgasifica un gas puede incluir una poliolefina, para dos ejemplos polipropileno, un copolímero cicloolefínico o una combinación de estos. El material que desgasifica un gas puede estar compuesto de dos materiales diferentes, al menos uno de los cuales desgasifica un vapor. Un ejemplo es una estructura bicapa de polipropileno y tereftalato de polietileno. Otro ejemplo es una estructura bicapa de copolímero cicloolefínico y tereftalato de polietileno. Estos materiales y compuestos son ejemplos; puede utilizarse cualquier material o combinación de materiales adecuados.
- 15 VI.B. Opcionalmente, el material que desgasifica un gas se proporciona en forma de un recipiente que tiene una pared con una superficie externa y una superficie interna, conteniendo la superficie interna una cavidad. En esta realización, la capa de barrera opcionalmente se dispone sobre la pared del recipiente, opcionalmente sobre la superficie interna de la pared del recipiente. La capa de barrera también podría disponerse sobre la superficie externa de la pared del recipiente. Opcionalmente, el material que desgasifica un gas puede proporcionarse en forma de una película.
- 20 VI.B. La capa de barrera puede ser un revestimiento total o parcial de cualquiera de las capas de barrera descritas en la presente. La capa de barrera puede tener un espesor menor de 500 nm, o menor de 300 nm, o menor de 100 nm, o menor de 80 nm, o menor de 60 nm, o menor de 50 nm, o menor de 40 nm, o menor de 30 nm, o menor de 20 nm, o menor de 10 nm, o menor de 5 nm.
- 25 VI.B. En el caso de una pared revestida, los inventores han descubierto que la difusión/desgasificación puede utilizarse para determinar la integridad del revestimiento. Opcionalmente, puede proporcionarse una presión diferencial en la capa de barrera creando el vacío al menos parcialmente en la cavidad o el espacio interior del recipiente. Esto puede realizarse, por ejemplo, conectando la cavidad por medio de un conducto a una fuente de vacío para crear el vacío en la cavidad al menos parcialmente. Por ejemplo, una pared de PET sin revestir 346 de un recipiente que se ha expuesto al aire ambiental desgasificará de su superficie interior cierto número de moléculas de oxígeno y otro gas, tales como 354, durante algún tiempo después de crear el vacío. Si la misma pared de PET se reviste en el interior con un revestimiento de barrera 348, el revestimiento de barrera detendrá, retardará o reducirá esta desgasificación. Esto se aplica, por ejemplo, a un revestimiento de barrera de SiO_x 348, que desgasifica menos que una superficie plástica. Midiendo este diferencial de desgasificación entre paredes de PET revestidas y sin revestir, el efecto de barrera del revestimiento 348 para el material desgasificado puede determinarse rápidamente.
- 30 VI.B. Si el revestimiento de barrera 348 es imperfecto, debido a agujeros, fisuras, espacios o áreas de espesor, densidad o composición insuficiente, conocidos o teóricos, la pared de PET se desgasificará preferentemente a través de sus imperfecciones, de este modo aumenta la cantidad total de desgasificación. La fuente principal de gas recogido es del gas disuelto o de componentes vaporizables en la (sub)superficie del artículo plástico junto al revestimiento, no de fuera del artículo. La cantidad de desgasificación más allá del nivel básico (por ejemplo, la cantidad que pasa o que es liberada por un revestimiento estándar sin imperfecciones o el grado menos alcanzable de imperfección o un grado medio o aceptable de imperfección) puede medirse de varias formas para determinar la integridad del revestimiento.
- 35 VI.B. La medida puede llevarse a cabo, por ejemplo, proporcionando una celda de medida de la desgasificación que se comunique con la cavidad y la fuente de vacío.
- 40 VI.B. La celda de medida puede implementar cualquiera de varias tecnologías de medida diferentes. Un ejemplo de una tecnología de medida adecuada es la tecnología de microflujo. Por ejemplo, puede medirse la tasa de flujo másico del material desgasificado. La medida puede llevarse a cabo en un modo de operación de flujo molecular. Un ejemplo de medida es una determinación del volumen de gas desgasificado a través de la capa de barrera por intervalo de tiempo.
- 45 VI.B. El gas desgasificado en el lado de presión más baja de la capa de barrera puede medirse en condiciones efectivas para distinguir la presencia o ausencia de la capa de barrera. Opcionalmente, las condiciones efectivas para distinguir la presencia o ausencia de la capa de barrera incluyen una duración de prueba de menos de un minuto o menos de 50 segundos o menos de 40 segundos o menos de 30 segundos o menos de 20 segundos o menos de 15 segundos o menos de 10 segundos o menos de 8 segundos o menos de 6 segundos o menos de 4 segundos o menos de 3 segundos o menos de 2 segundos o menos de 1 segundo.
- 50

VI.B. Opcionalmente, la medida de la presencia o ausencia de la capa de barrera puede confirmarse hasta al menos un nivel de certeza de 6 sigma dentro de cualquier intervalo de tiempo identificado anteriormente.

5 VI.B. Opcionalmente, el gas desgasificado en el lado de presión más baja de la capa de barrera se mide en condiciones efectivas para determinar el factor de mejora de la barrera (BIF) de la capa de barrera, en comparación con el mismo material sin una capa de barrera. El BIF puede determinarse, por ejemplo, proporcionando dos grupos de envases idénticos; aplicando una capa de barrera a un grupo de envases; evaluando una propiedad de barrera (tal como la tasa de desgasificación en microgramos por minuto u otra medida adecuada) en envases que tienen una barrera; realizando la misma prueba con envases que carecen de barrera; y estableciendo una relación entre las propiedades de los materiales que tienen barrera y los que no la tienen. Por ejemplo, si la tasa de desgasificación a través de la barrera es un tercio de la tasa de desgasificación sin barrera, la barrera tiene un BIF de 3.

10 VI.B. Opcionalmente, la desgasificación de una pluralidad de gases diferentes puede medirse, en casos donde está presente más de un tipo de gas, tal como nitrógeno y oxígeno en el caso de aire desgasificado. Opcionalmente, puede medirse la desgasificación de todos o prácticamente todos los gases desgasificados. Opcionalmente, la desgasificación de prácticamente todos los gases desgasificados puede medirse simultáneamente, por ejemplo, utilizando una medida física tal como la tasa de flujo másico combinada de todos los gases.

15 VI.B. La medida de la presión numérica o parcial de especies de gases individuales (tales como oxígeno o helio) desgasificados de la muestra puede realizarse más rápidamente que las pruebas barométricas, pero la velocidad de las pruebas se reduce hasta el punto en que solo una fracción de la desgasificación es de las especies medidas. Por ejemplo, si se desgasifican nitrógeno y oxígeno de la pared de PET en una proporción de aproximadamente 4:1 de la atmósfera, pero únicamente se mide la desgasificación del oxígeno, sería necesario que la duración de la prueba fuera cinco veces superior a la de una prueba igualmente sensible (en términos de número de moléculas detectadas para obtener resultados de calidad estadística suficiente) que mide todas las especies desgasificadas de la pared del recipiente.

20 VI.B. Para un nivel dado de sensibilidad, se contempla que un método que tiene en cuenta el volumen de todas las especies desgasificadas de la superficie proporcionará el nivel deseado de confianza más rápidamente que una prueba que mide la desgasificación de una especie específica tal como átomos de oxígeno. Por lo tanto, pueden generarse datos de desgasificación que tienen una utilidad práctica para medidas en línea. Dichas medidas en línea pueden llevarse a cabo opcionalmente en cada recipiente fabricado, de esta forma se reduce el número de defectos idiosincráticos o aislados y estos se eliminan potencialmente (al menos en el momento de la medida).

25 VI.B. En una medida práctica, un factor que cambie la cantidad aparente de desgasificación es la fuga que pasa por un sello imperfecto, tal como el sello del recipiente asentado en un receptáculo de vacío a medida que se crea el vacío en la prueba de desgasificación. Fuga se refiere a un fluido que se desvía de una pared sólida del artículo, por ejemplo, un fluido que pasa entre un tubo de sangre y su cierre, entre un émbolo de jeringa y un cilindro de jeringa, entre un envase y su tapa o entre una boca de un recipiente y un sello sobre el cual se asienta la boca del recipiente (debido a un sello imperfecto o indebidamente asentado). La palabra "fuga" generalmente indica el movimiento de gas/gas a través de una abertura en el artículo plástico.

30 VI.B. La fuga y (en caso de que sea necesario en una situación dada) la permeación pueden incluirse en el nivel básico de desgasificación, de manera que un resultado de prueba aceptable garantice que el recipiente esté debidamente asentado en el receptáculo de vacío (por lo tanto, sus superficies asentadas están intactas y adecuadamente formadas y posicionadas), la pared del recipiente no soporta un nivel aceptable de permeación (por lo tanto, la pared del recipiente está intacta y formada adecuadamente) y el revestimiento tiene suficiente integridad de barrera.

35 VI.B. La desgasificación puede medirse de varias formas, por medida barométrica (midiendo el cambio de presión dentro del recipiente en un periodo de tiempo dado después de que se creó el vacío inicial) o midiendo la presión parcial o la tasa de flujo de gas desgasificado de la muestra. Se dispone de un equipo que mide la tasa de flujo másico en un modo de operación de flujo molecular. Un ejemplo de un equipo de este tipo que se puede adquirir de proveedores comerciales y que emplea la tecnología de microflujo es comercializado por ATC, Inc., Indianápolis, IN. Remítase a las Patentes de Estados Unidos N.ºs 5861546, 6308556, 6584828 y EP1356260, que se incorporan a la presente por referencia, para consultar una descripción más detallada de este equipo conocido. Remítase también al Ejemplo 8 de esta descripción, que muestra un ejemplo de una medida de la desgasificación para diferenciar tubos de tereftalato de polietileno (PET) revestidos de tubos sin revestir rápidamente y con precisión.

40 VI.B. Para un recipiente hecho de tereftalato de polietileno (PET), la tasa de microflujo es muy diferente para la superficie revestida de SiO_x en comparación con la superficie sin revestir. Por ejemplo, en el Ejemplo práctico 8 de esta descripción, la tasa de microflujo para PET fue mayor o igual a 8 microgramos después de una prueba con una duración de 30 segundos, tal como se muestra en la FIG. 31. Esta tasa para PET sin revestir fue mucho mayor que la tasa medida para

PET revestido con SiO_x, que fue menor de 6 microgramos después de una prueba con una duración de 30 segundos, de nuevo tal como se muestra en la FIG. 31.

5 VI.B. Una posible explicación de esta diferencia en la tasa de flujo es que el PET sin revestir contiene aproximadamente un 0.7 por ciento de humedad en equilibrio; se cree que este alto contenido de humedad es el responsable de la alta tasa de microflujo observada. Con un plástico de PET revestido con SiO_x, el revestimiento de SiO_x puede tener un nivel más alto de humedad superficial que una superficie de PET sin revestir. En las condiciones de prueba, sin embargo, se cree que el revestimiento de barrera evita la desorción adicional de humedad del plástico de PET mayoritario, lo que da como resultado una tasa de microflujo más baja. También cabe esperar que las tasas de microflujo de oxígeno o nitrógeno del plástico de PET sin revestir frente al PET revestido con SiO_x sean distinguibles.

10 VI.B. Puede que sea adecuado realizar modificaciones de la prueba anterior para un tubo de PET cuando se utilicen otros materiales. Por ejemplo, los plásticos de poliolefina tienden a tener poco contenido de humedad. Un ejemplo de una poliolefina con un contenido bajo de humedad es el copolímero cicloolefínico (COC) TOPAS®, con un contenido de humedad de equilibrio (0.01 por ciento) y una tasa de permeación de humedad mucho más baja que para PET. En el caso de COC, el plástico de COC sin revestir puede tener una tasa de microflujo similar a, o incluso menor que, el plástico de COC revestido con SiO_x. Esto es más probable debido al contenido más alto de humedad de la superficie del revestimiento de SiO_x y al contenido de humedad a granel de equilibrio más bajo y a la tasa de permeación más baja de una superficie plástica de COC sin revestir. Esto hace más difícil la diferenciación de artículos de COC sin revestir y revestidos.

20 La presente invención muestra que la exposición a la humedad de las superficies que se han de evaluar de artículos de COC (revestidos o sin revestir) produce una separación del microflujo mejorada y constante entre plásticos de COC sin revestir y revestidos con SiO_x. Esto se muestra en el Ejemplo 19 en esta descripción y en la FIG. 57. La exposición a la humedad puede ser simplemente la exposición a una humedad relativa comprendida entre el 35% y el 100%, en un recinto con una humedad relativa controlada, o la exposición directa a una fuente de humedad caliente (humidificador) o fría (vaporizador), prefiriéndose la última.

25 VI.B. Aunque la validez y el alcance de la invención no están limitados de acuerdo con la veracidad de esta teoría, parece que la adulteración o adición de humedad al plástico de COC sin revestir aumenta su humedad y otro contenido desgasificable con respecto a la superficie de COC revestida con SiO_x saturada. Esto también puede lograrse exponiendo los tubos revestidos y sin revestir a otros gases incluidos el oxígeno, nitrógeno o sus mezclas, por ejemplo, el aire.

30 VI.B. Por lo tanto, antes de medir el gas desgasificado, la capa de barrera puede ponerse en contacto con agua, por ejemplo, vapor de agua. El vapor de agua puede proporcionarse, por ejemplo, poniendo en contacto la capa de barrera con aire con una humedad relativa del 35% al 100%, como alternativa del 40% al 100%, como alternativa del 40% al 50%. En vez o además del agua, la capa de barrera puede ponerse en contacto con oxígeno, nitrógeno o una mezcla de oxígeno y nitrógeno, por ejemplo, el aire ambiental. El tiempo de contacto puede ser de 10 segundos a una hora, como alternativa de un minuto a treinta minutos, como alternativa de 5 minutos a 25 minutos, como alternativa de 10 minutos a 20 minutos.

35 Como alternativa, la pared 346 que se desgasificará se puede adulterar o suplementar por el lado opuesto a la capa de barrera 348, por ejemplo, exponiendo el lado izquierdo de la pared 346 como se muestra en la FIG. 11 a un material que se adsorberá en la pared 346 y posteriormente se desgasificará a la derecha o a la izquierda como se muestra en la FIG. 29. Adulterar una pared u otro material, tal como 346, por la izquierda por adsorción, midiendo posteriormente la desgasificación del material adulterado por la derecha (o viceversa), se diferencia de la medida de permeación en que el material adulterado forma parte de la pared 346 en el momento en el que se mide la desgasificación, a diferencia de una material que se desplace la trayectoria 350 completa a través de la pared en el momento en el que se mide el gas que pasa a través del revestimiento. La adsorción puede ocurrir en un período de tiempo prolongado, como una realización antes de aplicar el revestimiento 348 y como otra realización después de aplicar el revestimiento 348 y antes de examinarlo para determinar su desgasificación.

45 VI.B. Otro método potencial para aumentar la separación de la respuesta de microflujo entre plásticos sin revestir y revestidos con SiO_x es modificar la presión y/o la temperatura de medida. Aumentar la presión o disminuir la temperatura cuando se mide la desgasificación puede dar como resultado una unión relativa mayor de moléculas de agua en COC revestido con SiO_x que en COC sin revestir. De esta forma, el gas desgasificado puede medirse a una presión de 0.1 Torr a 100 Torr, como alternativa de 0.2 Torr a 50 Torr, como alternativa de 0.5 Torr a 40 Torr, como alternativa de 1 Torr a 30 Torr, como alternativa de 5 Torr a 100 Torr, como alternativa de 10 Torr a 80 Torr, como alternativa de 15 Torr a 50 Torr. El gas desgasificado puede medirse a una temperatura de 0 °C a 50 °C, como alternativa de 0 °C a 21 °C, como alternativa de 5 °C a 20 °C.

50 VI.B. Otra forma contemplada para medir la desgasificación, en cualquier realización de la presente invención, es emplear una técnica de medida con microménsula. Se contempla que dicha técnica permita medir diferencias de masa más pequeñas en la desgasificación, potencialmente del orden de 10⁻¹² g (picogramos) a 10⁻¹⁵ g. (femtogramos). Esta detección

de masa más pequeña permite la diferenciación de superficies revestidas frente a superficies sin revestir así como también diferentes revestimientos en menos de un segundo, opcionalmente menos de 0.1 s, opcionalmente en cuestión de microsegundos.

5 VI.B. Los sensores de microménsula (MCL) en algunos casos pueden responder a la presencia de un material desgasificado o provisto de otro modo curvando o, de lo contrario, moviendo o cambiando de forma debido a la absorción de moléculas. Los sensores de microménsula (MCL) en algunas instancias pueden responder cambiando su frecuencia de resonancia. En algunos casos, los sensores de MCL pueden cambiar de estas dos formas o de otra forma. Pueden operar en diferentes entornos tales como un entorno gaseoso, líquido o al vacío. En gases, los sensores de microménsula pueden operar como una nariz artificial, con la cual el patrón de curvatura de un arreglo microfabricado de ocho ménsulas de silicio
10 revestidas con polímeros es característico de los diferentes vapores de disolventes, sabores y bebidas. El uso de cualquier otro tipo de nariz electrónica, operada por medio de cualquier tecnología, también está contemplado.

Se han aplicado y se contemplan varios diseños electrónicos de MCL, incluidos métodos piezorresistivos, piezoeléctricos y capacitivos, para medir el movimiento, el cambio de forma o el cambio de frecuencia de las MCL tras la exposición a productos químicos.

15 VI.B. Un ejemplo específico de una medida de la desgasificación puede llevarse a cabo de la siguiente forma. Se proporciona al menos una microménsula que tiene la propiedad, cuando está en presencia de un material desgasificado, de moverse o cambiar de forma. La microménsula está expuesta al material desgasificado en condiciones efectivas para hacer que la microménsula se mueva o cambie de forma. A continuación se detecta el movimiento o la forma diferente.

20 VI.B. Como un ejemplo, el movimiento o la forma diferente puede detectarse reflejando un haz energético incidente desde una porción de la microménsula que se mueve o cambia de forma, antes y después de exponer la microménsula a la desgasificación, y midiendo la deflexión resultante del haz reflejado en un punto separado de la ménsula. La forma se mide opcionalmente en un punto separado de la ménsula debido a que la cantidad de deflexión del haz en unas condiciones dadas es proporcional a la distancia del punto de medida al punto de reflexión del haz.

25 VI.B. Varios ejemplos adecuados de un haz energético incidente son un haz de fotones, un haz de electrones o una combinación de dos o más de estos. De manera alternativa, dos o más haces diferentes pueden reflejarse desde la MCL a lo largo de diferentes trayectorias incidentes y/o reflejadas, para determinar el movimiento o el cambio de forma desde más de una perspectiva. Un tipo de haz energético incidente específicamente contemplado es un haz de fotones coherentes, tal como un haz de láser. "Fotones", tal como se describen en esta descripción, se definen inclusivamente para incluir una energía de onda así como también una energía de partículas o fotones per se.

30 VI.B. Un ejemplo alternativo de medida se beneficia de la propiedad de ciertas MCL de cambio en frecuencia resonante cuando se encuentra un material ambiental en una cantidad efectiva para lograr un cambio de frecuencia resonante. Este tipo de medida puede llevarse a cabo de la siguiente forma. Se proporciona al menos una microménsula que resuena a una frecuencia diferente cuando está en presencia de un material desgasificado. La microménsula puede exponerse al material desgasificado en condiciones efectivas para hacer que la microménsula resuene a una frecuencia diferente. La frecuencia resonante diferente se detecta luego por cualquier medio adecuado.
35

VI.B. Como un ejemplo, la diferente frecuencia resonante puede detectarse ingresando energía a la microménsula para inducirla a resonar antes y después de exponer la microménsula a la desgasificación. Se determinan las diferencias entre las frecuencias resonantes de la MCL antes y después de la exposición a la desgasificación. Como alternativa, en vez de determinar la diferencia de frecuencia resonante, puede proporcionarse una MCL que se sabe que tiene una frecuencia resonante cuando está en presencia de una concentración o cantidad suficiente de un material desgasificado. La frecuencia resonante diferente o la frecuencia resonante que señala la presencia de una cantidad suficiente del material desgasificado es detectada utilizando un sensor de vibración armónica.
40

Como un ejemplo del uso de tecnología de MCL para medir la desgasificación, un dispositivo MCL puede incorporarse a un tubo de vacío de cuarzo conectado a un recipiente y una bomba de vacío. Puede construirse un sensor de vibración armónica que utiliza una ménsula piezorresistiva que se puede adquirir de proveedores comerciales, circuitos de puente de Wheatstone, un controlador de retroalimentación positiva, un piezoactuador excitatriz y un demodulador de bucle de enganche de fase (PLL). Remítase, por ejemplo, a
45

Hayato Sone, Yoshinori Fujinuma and Sumio Hosaka *Picogram Mass Sensor Using Resonance Frequency Shift of Cantilever*, Jpn. J. Appl. Phys. 43 (2004) 3648;

50 Hayato Sone, Ayumi Ikeuchi, Takashi Izumi¹, Haruki Okano² and Sumio Hosaka *Femtogram Mass Biosensor Using Self-Sensing Cantilever for Allergy Check*, Jpn. J. Appl. Phys. 43 (2006) 2301).

Para preparar la MCL para la detección, un lado de la microménsula puede revestirse con gelatina. Remítase, por ejemplo, a Hans Peter Lang, Christoph Gerber, STM and AFM Studies on (Bio)molecular Systems: Unravelling the Nanoworld, Topics in Current Chemistry, Volumen 285/2008. El vapor de agua que se desorbe de la superficie del recipiente revestido al vacío se une con la gelatina, que hace que la ménsula se curve y que su frecuencia resonante cambie, según se mide por una deflexión láser de una superficie de la ménsula. Se contempla que el cambio de masa de un recipiente revestido frente a un recipiente sin revestir debe resolverse en fracciones de segundo y debe ser altamente reproducible. Los artículos mencionados anteriormente en relación con la tecnología de ménsula se incorporan a la presente por referencia debido a sus descripciones de MCL específicas y a los montajes de equipos que pueden utilizarse para detectar y cuantificar especies desgasificadas.

10 Pueden aplicarse revestimientos alternativos a MCL para la detección de humedad (ácido fosfórico) o detección de oxígeno en lugar de o además del revestimiento de gelatina descrito anteriormente.

15 VI.B. También se contempla que cualquiera de las configuraciones de pruebas de desgasificación contempladas en la presente puedan combinarse con una estación de revestimiento de SiO_x . En dicha disposición, la celda de medida 362 podría ser como la ilustrada anteriormente, utilizando el canal de vacío principal para PECVD como el desvío 386. En una realización, la celda de medida, indicada generalmente como 362, de la FIG. 30, se puede incorporar a un soporte de recipientes, tal como 50, donde el canal de desvío 386 está configurado como el conducto de vacío principal 94 y la celda de medida 362 es un canal lateral.

20 VI.B. Esta combinación de la celda de medida 362 con el soporte de recipientes 50 permitiría opcionalmente que la medida de la desgasificación se llevase a cabo sin romper el vacío utilizado para PECVD. Opcionalmente, la bomba de vacío para PECVD se operaría durante un periodo de tiempo corto preferentemente estandarizado para bombear parte o todos los gases reactivos residuales remanentes después de la etapa de revestimiento (una evacuación de menos de un Torr, con una opción adicional de admitir una pequeña cantidad de aire, nitrógeno, oxígeno u otro gas para purgar o diluir los gases del proceso antes de la evacuación). Esto activaría los procesos combinados de revestimiento del recipiente y las pruebas del revestimiento para detectar la presencia y el nivel de la barrera.

25 VI.B. Los expertos en la técnica también apreciarán, después de haber revisado esta descripción, que también pueden utilizarse las medidas de la desgasificación y todas las demás técnicas de medida de la barrera descritas para muchos fines diferentes o además de para la determinación de la eficacia de una capa de barrera. En un ejemplo, la prueba puede utilizarse en recipientes revestidos o sin revestir para determinar el grado de desgasificación de las paredes de los recipientes. También puede utilizarse esta prueba, por ejemplo, en los casos en los cuales es necesario que un polímero sin revestir desgasifique menos de una cantidad especificada.

30 VI.B. Para otro ejemplo, pueden utilizarse estas medidas de la desgasificación y todas las demás técnicas de medida de la barrera descritas en películas de barrera revestidas o sin revestir, como una prueba estática o como una prueba en línea para medir variaciones en la desgasificación de una película cuando atraviesa la celda de medida. La prueba puede utilizarse para determinar la continuidad o eficacia de la barrera de otros tipos de revestimientos, tales como revestimientos de aluminio, o revestimientos o capas de barrera de EVOH de películas de envasado.

35 VI.B. Pueden utilizarse estas medidas de la desgasificación y todas las demás técnicas de medida de la barrera descritas para determinar la eficacia de una capa de barrera aplicada sobre el lado de una pared del recipiente, película o similar opuesto a la celda de medida, tal como una capa de barrera aplicada al exterior de una pared del recipiente y en la que se investiga la desgasificación hacia el interior de la pared del recipiente. En esta instancia, el diferencial de flujo sería para la permeación a través del revestimiento de barrera, seguida de la permeación a través de la película o pared del sustrato. Esta medida sería particularmente útil en casos donde la película o pared del sustrato es bastante permeable tal como una película o pared muy fina o porosa.

40 VI.B. Estas medidas de la desgasificación y todas las demás técnicas de medida de la barrera descritas pueden utilizarse para determinar la eficacia de una capa de barrera que es una capa interior de una pared de un recipiente, película o similar. En este caso, la celda de medida detectaría cualquier desgasificación a través de la capa adyacente a la celda de medida más la desgasificación, a través de la capa de barrera, de la capa o capas más remotas a la celda de medida que la capa de barrera.

45 VI.B. Estas medidas de la desgasificación y todas las demás técnicas de medida de la barrera descritas pueden utilizarse para determinar el porcentaje de cobertura de un patrón de material de barrera sobre un material que se desgasifica, por ejemplo, determinando el grado de desgasificación del material parcialmente revestido con la barrera como una proporción de la cantidad de desgasificación esperada si no hubiera una barrera presente en ninguna parte del material.

50 VI.B. Una técnica de prueba que puede utilizarse para aumentar la velocidad de las pruebas de desgasificación de un recipiente, que se puede utilizar con cualquier realización de una prueba de desgasificación en la descripción, es reducir el volumen vacío del recipiente, por ejemplo, insertando un émbolo o cierre en el recipiente para reducir el volumen vacío de la

porción del recipiente evaluada. Reducir el volumen vacío permite crear el vacío más rápidamente en el recipiente hasta un nivel de vacío dado, de esta forma disminuye el intervalo de prueba.

VI.B. Muchas otras aplicaciones para las medidas de la desgasificación descritas en la presente y todas las demás técnicas de medida de la barrera descritas serán evidentes para los expertos después de haber examinado esta descripción.

5 Recipientes tratados mediante PECVD

VII. Se contempla que los recipientes tengan un revestimiento de barrera 90 (que se muestra, por ejemplo, en la FIG. 2), que puede ser un revestimiento de SiO_x aplicado con un espesor de al menos 2 nm, o al menos 4 nm, o al menos 7 nm, o al menos 10 nm, o al menos 20 nm, o al menos 30 nm, o al menos 40 nm, o al menos 50 nm, o al menos 100 nm, o al menos 150 nm, o al menos 200 nm, o al menos 300 nm, o al menos 400 nm, o al menos 500 nm, o al menos 600 nm, o al menos 700 nm, o al menos 800 nm, o al menos 900 nm. El revestimiento puede tener un espesor de hasta 1000 nm o a lo sumo 900 nm o a lo sumo 800 nm o a lo sumo 700 nm o a lo sumo 600 nm o a lo sumo 500 nm o a lo sumo 400 nm o a lo sumo 300 nm o a lo sumo 200 nm o a lo sumo 100 nm o a lo sumo 90 nm o a lo sumo 80 nm o a lo sumo 70 nm o a lo sumo 60 nm o a lo sumo 50 nm o a lo sumo 40 nm o a lo sumo 30 nm o a lo sumo 20 nm o a lo sumo 10 nm o a lo sumo 5 nm. Se contemplan expresamente rangos de espesor específicos compuestos por cualquiera de los espesores mínimos expresados anteriormente más cualquier espesor mayor o igual a los espesores máximos expresados anteriormente. El espesor del SiO_x u otro revestimiento puede medirse, por ejemplo, mediante microscopía electrónica de transmisión (TEM) y su composición puede medirse mediante espectroscopía fotoelectrónica de rayos X (XPS).

VII. Se contempla el hecho de que la elección del material cuya permeación en el revestimiento se quiere evitar y la naturaleza del revestimiento de SiO_x aplicado puedan afectar a su eficacia como barrera. Por ejemplo, dos ejemplos de un material cuya permeación habitualmente se pretende evitar son oxígeno y agua/vapor de agua. Habitualmente, los materiales constituyen una mejor barrera para uno que para el otro. Se cree que esto es así, al menos en parte, porque el oxígeno se transmite a través del revestimiento mediante un mecanismo diferente al del agua.

VII. La transmisión del oxígeno se ve afectada por características físicas del revestimiento, tales como el espesor, la presencia de fisuras u otros detalles físicos del revestimiento. Por otra parte, se cree que la transmisión del agua se suele ver afectada por factores químicos, es decir, por el material del cual está hecho el revestimiento, más que por factores físicos. Los inventores también creen que al menos uno de estos factores químicos es una concentración considerable de restos OH en el revestimiento, lo que conduce a una tasa de transmisión más alta de agua a través de la barrera. Un revestimiento de SiO_x a menudo contiene restos OH y, por lo tanto, un revestimiento físicamente sólido que contenga una alta proporción de restos OH constituye una mejor barrera para el oxígeno que para el agua. Una barrera físicamente sólida a base de carbono, tal como carbono amorfo o carbono similar al diamante (DLC), comúnmente constituye una mejor barrera para el agua que un revestimiento de SiO_x ya que la barrera a base de carbono por lo general tiene una concentración más baja de restos OH.

VII. Sin embargo, otros factores hacen que se prefiera un revestimiento de SiO_x , como por ejemplo, su eficacia como barrera contra el oxígeno y su gran similitud química con el vidrio y el cuarzo. El vidrio y el cuarzo (cuando se utilizan como el material base de un recipiente) son dos materiales que se sabe desde hace tiempo que presentan una barrera muy alta contra la transmisión de oxígeno y agua, y que son además sustancialmente inertes a muchos materiales que se suelen introducir en recipientes. De esta forma, suele ser deseable optimizar las propiedades de barrera contra el agua, tal como la tasa de transmisión de vapor de agua (WVTR) de un revestimiento de SiO_x , en lugar de elegir un tipo de revestimiento diferente o adicional que haga de barrera contra la transmisión del agua.

VII. A continuación se describen varias formas contempladas para mejorar la WVTR de un revestimiento de SiO_x .

VII. Puede aumentarse la relación entre la concentración de restos orgánicos (compuestos de carbono e hidrógeno) y la de restos OH en el revestimiento depositado. Esto puede conseguirse, por ejemplo, aumentando la proporción de oxígeno en los gases de alimentación (por ejemplo, aumentando la tasa de alimentación oxígeno o disminuyendo la tasa de alimentación de uno o más de los demás constituyentes). Se cree que la incidencia reducida de restos OH resulta de aumentar el grado de reacción de la alimentación de oxígeno con el hidrógeno en la fuente de silicona para producir un agua más volátil en el escape de la PECVD y una concentración más baja de restos OH atrapados o incorporados en el revestimiento.

VII. Puede aplicarse más energía en el proceso de PECVD, ya sea aumentando el nivel de energía de generación de plasma o aplicando la energía durante un período más largo o ambas cosas. Un aumento de la energía aplicada debe realizarse con cuidado cuando se utiliza para revestir un tubo u otro dispositivo de plástico, ya que también tiende a distorsionar el recipiente tratado al extremo de que el tubo absorbe la energía de generación de plasma. Es por ello que se prefiere la energía de RF en el contexto de la presente solicitud. La distorsión de los dispositivos médicos puede reducirse o eliminarse empleando la energía en series de dos o más impulsos separados por un tiempo de enfriamiento, enfriando los recipientes mientras se aplica energía, aplicando el revestimiento en menos tiempo (habitualmente haciéndolo más

delgado), seleccionando una frecuencia del revestimiento aplicado que se absorba mínimamente por el material base seleccionado para ser revestido y/o aplicando más de un revestimiento, dejando transcurrir un tiempo entre las respectivas etapas de aplicación de energía. Por ejemplo, pueden usarse impulsos de alta energía con un ciclo de trabajo de 1 milisegundo encendido, 99 milisegundos apagado, mientras se continúa alimentando el gas del proceso. Posteriormente, el gas del proceso actúa como refrigerante, ya que sigue fluyendo entre los pulsos. Otra alternativa es reconfigurar el aplicador de energía, por ejemplo, añadiendo imanes para confinar el plasma y aumentar la aplicación de energía efectiva (la energía que de hecho produce el revestimiento incremental, a diferencia de la energía de desecho que produce un calentamiento o revestimiento indeseado). Este recurso resulta en la aplicación de más energía formadora de revestimiento por vatio-hora total de energía aplicada. Remítase, por ejemplo, a la Patente de Estados Unidos 5.904.952.

VII. Se puede aplicar un postratamiento con oxígeno al revestimiento para eliminar restos OH del revestimiento previamente depositado. Este tratamiento también se contempla para eliminar compuestos organosilícicos volátiles residuales o siliconas, u oxidar el revestimiento para formar más SiO_x.

VII. El tubo con plástico como material base puede precalentarse.

VII. Puede utilizarse una fuente volátil diferente de silicio, tal como hexametildisilazano (HMDZ), como parte o la totalidad de la alimentación de silicona. Se contempla el hecho de que cambiar el gas de alimentación por HMDZ resolverá el problema ya que este compuesto, tal como se suministra, no contiene restos de oxígeno. Se contempla que una fuente de restos OH en el revestimiento con fuente de HMDSO sea la hidrogenación de al menos parte de los átomos de oxígeno presentes en HMDSO sin reaccionar.

VII. Se puede utilizar un revestimiento compuesto, tal como un revestimiento a base de carbono combinado con SiO_x. Esto puede llevarse a cabo, por ejemplo, cambiando las condiciones de reacción o agregando un hidrocarburo sustituido o no sustituido, tal como un alcano, alqueno o alquino, al gas de alimentación, así como también un compuesto a base de organosilicio. Remítase, por ejemplo, a la Patente de Estados Unidos 5.904.952, que establece en una parte relevante: "Por ejemplo, la inclusión de un hidrocarburo inferior, tal como propileno, proporciona restos de carbono y mejora la mayoría de las propiedades de las películas depositadas (salvo la transmisión de luz) y el análisis de enlaces indica que la naturaleza de la película es dióxido de silicio. Sin embargo, el uso de metano, metanol o acetileno produce películas cuya naturaleza es la silicona. La inclusión de una pequeña cantidad de nitrógeno gaseoso en la corriente de gas proporciona restos de nitrógeno en las películas depositadas y aumenta la tasa de deposición, mejora las propiedades ópticas de transmisión y reflexión en vidrio y varía el índice de refracción en respuesta a distintas cantidades de N₂. La adición de óxido nítrico a la corriente de gas aumenta la tasa de deposición y mejora las propiedades ópticas, pero tiende a disminuir la dureza de la película".

VII. Puede formarse un revestimiento de carbono similar al diamante (DLC) como el principal o único revestimiento depositado. Esto puede realizarse, por ejemplo, cambiando las condiciones de reacción o alimentando metano, hidrógeno y helio a un proceso de PECVD. Estas alimentaciones de reacción no tienen oxígeno, por lo que no se pueden formar restos OH. En un ejemplo puede aplicarse un revestimiento de SiO_x en el interior de un tubo o cilindro de jeringa y puede aplicarse un revestimiento de DLC exterior sobre la superficie exterior de un tubo o cilindro de jeringa. O los revestimientos de SiO_x y DLC pueden aplicarse ambos como una sola capa o varias capas de un revestimiento interior de tubo o cilindro de jeringa.

VII. Haciendo referencia a la FIG. 2, la barrera u otro tipo de revestimiento 90 reduce la transmisión de gases atmosféricos al interior del recipiente 80 a través de su superficie interior 88. O la barrera u otro tipo de revestimiento 90 reduce el contacto entre el contenido del recipiente 80 y la superficie interior 88. La barrera u otro tipo de revestimiento puede comprender, por ejemplo, SiO_x, carbono amorfo (por ejemplo, similar al diamante) o una combinación de estos.

VII. Cualquier revestimiento descrito en la presente puede utilizarse para revestir una superficie, por ejemplo, una superficie de plástico. También puede utilizarse como una capa de barrera, por ejemplo, como una barrera contra un gas o líquido, preferentemente contra vapor de agua, oxígeno y/o aire. También puede utilizarse para evitar o reducir los efectos mecánicos y/o químicos que la superficie revestida tendría sobre un compuesto o una composición si la superficie no estuviera revestida. Por ejemplo, puede evitar o reducir la precipitación de un compuesto o una composición, por ejemplo, la precipitación de insulina o la coagulación de sangre o la activación plaquetaria.

VII.A. Recipientes de recogida de sangre al vacío

VII.A.1. Tubos

VII.A.I. Haciendo referencia a la FIG. 2, se muestran más detalles de un recipiente tal como 80. El recipiente 80 ilustrado puede ser generalmente tubular con una abertura 80 en un extremo del recipiente y una abertura cerrada 84 opuesta a esta. El recipiente 80 también tiene una pared 86 que define una superficie interior 88. Un ejemplo del recipiente 80 es un tubo de muestras médicas, tal como un tubo de extracción de sangre al vacío como el que suele utilizar un flebotomista para extraer una muestra de la sangre de un paciente por venopunción para utilizarla en un laboratorio médico.

VII.A.1. El recipiente 80 puede estar hecho, por ejemplo, de material termoplástico. Algunos ejemplos de material termoplástico adecuado son tereftalato de polietileno o una poliolefina tal como polipropileno o un copolímero policicloolefínico.

5 VII.A.1. El recipiente 80 puede fabricarse por medio de cualquier método adecuado, tal como por moldeo por inyección, moldeo por soplado, trabajo mecánico, fabricación a partir de materiales de entubado o por otro medio adecuado. La PECVD puede utilizarse para formar un revestimiento de SiO_x sobre la superficie interna.

10 VII.A.1. Si se pretende utilizar el recipiente 80 como un tubo de extracción de sangre al vacío, deseablemente, puede ser lo suficientemente fuerte para soportar sustancialmente un vacío interno total sin deformarse sustancialmente al exponerlo a una presión externa de 760 Torr o presión atmosférica y otras condiciones de procesamiento de revestimiento. Esta propiedad puede proporcionarse, en un recipiente termoplástico 80, proporcionando un recipiente 80 hecho de materiales adecuados con dimensiones adecuadas y una temperatura de transición vítrea más alta que la temperatura de procesamiento del proceso de revestimiento, por ejemplo, una pared cilíndrica 86 que tiene suficiente espesor para su diámetro y material.

15 VII.A.1. Los recipientes o envases médicos, tales como tubos de recogida de muestras y jeringas, son relativamente pequeños y son moldeados por inyección con paredes relativamente gruesas, lo cual permite crear el vacío en su interior sin ser aplastados por la presión atmosférica ambiental. Así pues, son más fuertes que las botellas de refrescos u otros envases de plástico con paredes más finas o más grandes. Dado que los tubos de recogida de muestras diseñados para utilizar como recipientes al vacío generalmente están diseñados para soportar un vacío total durante el almacenamiento, pueden utilizarse como cámaras de vacío.

20 VII.A.1. Dicha adaptación de los recipientes para ser sus propias cámaras de vacío podría eliminar la necesidad de colocar los recipientes en una cámara de vacío para el tratamiento por PECVD que generalmente se lleva a cabo a una presión muy baja. El uso de un recipiente como su propia cámara de vacío puede hacer que el tiempo de procesamiento sea más rápido (dado que no es necesaria la carga y descarga de las partes en una cámara de vacío separada) y puede conducir a configuraciones de equipo más simples. Asimismo, se contempla un soporte de recipientes, para ciertas realizaciones, que sostendrá el dispositivo (para la alineación con tubos de gas y otros aparatos), sellará el dispositivo (de manera que pueda crearse el vacío uniendo el soporte de recipientes a una bomba de vacío) y desplazará el dispositivo entre las etapas de moldeo y de procesamiento posteriores.

30 VII.A.1. Un recipiente 80 utilizado como tubo de extracción de sangre al vacío debería ser capaz de soportar la presión atmosférica externa, mientras que se crea el vacío en su interior hasta una presión reducida útil para la aplicación pretendida, sin que se produzcan fugas y sin que penetre un volumen considerable de aire u otro gas atmosférico en el tubo (como sin pasar por el cierre) a través de la pared 86 durante su vida útil. Si el recipiente 80 recién moldeado no puede cumplir este requisito, se puede procesar revistiendo la superficie interior 88 con una barrera u otro tipo de revestimiento 90. Es deseable tratar y/o revestir las superficies interiores de estos dispositivos (tales como tubos de recogida de muestras y cilindros de jeringa) para impartir varias propiedades que ofrecerán ventajas frente a los dispositivos poliméricos existentes y/o para imitar a los productos de vidrio existentes. También es deseable medir varias propiedades de los dispositivos antes y/o después del tratamiento o revestimiento.

VII.A.1.a. Revestimiento depositado de un precursor organosilícico realizado polimerizando el precursor organosilícico *in situ*

40 VII.A.1.a. Se contempla un proceso para aplicar una capa lubricante sobre un sustrato, por ejemplo, el interior del cilindro de una jeringa, que comprende aplicar uno de los precursores descritos sobre o cerca de un sustrato con un espesor de 1 a 5000 nm, opcionalmente 10 a 1000 nm, opcionalmente 10-200 nm, opcionalmente 20 a 100 nm de espesor, y reticular o polimerizar (o ambos) el revestimiento, opcionalmente en un proceso con PECVD, para proporcionar una superficie lubricada. Se contempla que el revestimiento aplicado por este proceso sea nuevo.

45 VII.A.1.a. Un revestimiento $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$, donde w es 1, x en esta fórmula es de aproximadamente 0.5 a 2.4, y es de aproximadamente 0.6 a aproximadamente 3, y z es de 2 a aproximadamente 9, preferentemente donde w es 1, x es de aproximadamente 0.5 a 1, y es de aproximadamente 2 a aproximadamente 3, y z es de 6 a aproximadamente 9, aplicado mediante PECVD, también es útil como un revestimiento hidrófobo. Se contempla que los revestimientos de este tipo sean hidrófobos, independientemente de que funcionen como capas lubricantes. Un revestimiento o tratamiento se define como "hidrófobo" si disminuye la humectabilidad de una superficie, en comparación con la superficie correspondiente sin revestir o sin tratar. De esa forma, la hidrofobicidad es una función del sustrato sin tratar y el tratamiento.

50 El grado de hidrofobicidad de un revestimiento puede modificarse variando su composición, sus propiedades o su método de deposición. Por ejemplo, un revestimiento de SiO_x sin o con poco contenido de hidrocarburos es más hidrófilo que un revestimiento de $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$ con los valores de los sustituyentes definidos en esta descripción. En términos generales,

cuanto mayor sea el contenido del resto C-H_x (por ejemplo, CH, CH₂ o CH₃) en el revestimiento, ya sea en peso, volumen o molaridad, con respecto a su contenido de silicio, más hidrófobo es el revestimiento.

5 Un revestimiento hidrófobo puede ser muy fino, con un espesor de al menos 4 nm o al menos 7 nm o al menos 10 nm o al menos 20 nm o al menos 30 nm o al menos 40 nm o al menos 50 nm o al menos 100 nm o al menos 150 nm o al menos 200 nm o al menos 300 nm o al menos 400 nm o al menos 500 nm o al menos 600 nm o al menos 700 nm o al menos 800 nm o al menos 900 nm. El revestimiento puede tener un espesor de hasta 1000 nm o a lo sumo 900 nm o a lo sumo 800 nm o a lo sumo 700 nm o a lo sumo 600 nm o a lo sumo 500 nm o a lo sumo 400 nm o a lo sumo 300 nm o a lo sumo 200 nm o a lo sumo 100 nm o a lo sumo 90 nm o a lo sumo 80 nm o a lo sumo 70 nm o a lo sumo 60 nm o a lo sumo 50 nm o a lo sumo 40 nm o a lo sumo 30 nm o a lo sumo 20 nm o a lo sumo 10 nm o a lo sumo 5 nm. Se contemplan expresamente rangos de espesor específicos compuestos por cualquiera de los espesores mínimos expresados anteriormente más cualquier espesor mayor o igual a los espesores máximos expresados anteriormente.

15 VII.A.1.a. Una utilidad de este tipo de revestimiento hidrófobo es aislar la pared de un tubo termoplástico, hecho, por ejemplo, de tereftalato de polietileno (PET), de la sangre recogida dentro del tubo. El revestimiento hidrófobo puede aplicarse sobre un revestimiento de SiO_x hidrófilo que se encuentra sobre la superficie interna del tubo. El revestimiento de SiO_x aumenta las propiedades de barrera del tubo termoplástico y el revestimiento hidrófobo modifica la energía superficial de la superficie de contacto entre la sangre y la pared del tubo. El revestimiento hidrófobo puede prepararse proporcionando un precursor seleccionado entre aquellos identificados en esta descripción. Por ejemplo, el precursor del revestimiento hidrófobo puede comprender hexametildisiloxano (HMDSO) u octametilclotetrasiloxano (OMCTS).

20 VII.A.1.a. Otro uso del revestimiento hidrófobo es para preparar un tubo de preparación de células de vidrio. El tubo tiene una pared que define una cavidad, un revestimiento hidrófobo en la superficie interna de la pared de vidrio y contiene citrato como reactivo. El revestimiento hidrófobo puede prepararse proporcionando un precursor seleccionado entre aquellos identificados en cualquier otra parte de esta descripción. Por ejemplo, el precursor del revestimiento hidrófobo puede comprender hexametildisiloxano (HMDSO) u octametilclotetrasiloxano (OMCTS). Otro material que se puede utilizar como fuente para revestimientos hidrofóbicos es un alquiltrimetoxisilano de fórmula:

25
$$\text{R-Si}(\text{OCH}_3)_3$$

en la cual R es un átomo de hidrógeno o un sustituyente orgánico, por ejemplo, metilo, etilo, propilo, isopropilo, butilo, isobutilo, *t*-butilo, vinilo, alquino, epóxido u otros. También se contemplan combinaciones de dos o más de estos.

30 VII.A.1.a. Las combinaciones de catálisis ácida o básica y calentamiento, utilizando un precursor de alquiltrimetoxisilano como se describe anteriormente, pueden hacer condensar al precursor (eliminando subproductos ROH) para formar polímeros reticulados, que opcionalmente pueden reticularse aún más siguiendo un método alternativo. Un ejemplo específico es Shimojima *et. al.* J. Mater. Chem., 2007, 17, 658 – 663.

35 VII.A.1.a. Se puede aplicar un revestimiento de Si_wO_xC_yH_z como revestimiento posterior después de aplicar un revestimiento de barrera de SiO_x a la superficie interior 88 del recipiente 80 para proporcionar una superficie lubricante, particularmente si el revestimiento superficial es un compuesto de organosiloxano líquido al final del proceso de revestimiento.

VII.A.1.a. Opcionalmente, después de aplicar el revestimiento de Si_wO_xC_yH_z, se puede curar posteriormente después del proceso de PECVD. Pueden utilizarse métodos de curado por radiación, incluidos aquellos iniciados por UV (formación de radicales libres o cationes), haz de electrones (haz E) y térmicos como los descritos en Development Of Novel Cycloaliphatic Siloxanes For Thermal And UV-Curable Applications (Ruby Chakraborty Dissertation, 2008).

40 VII.A.1.a. Otro método para proporcionar un revestimiento lubricante es utilizar un agente de desmoldeo de silicona cuando se moldea por inyección el recipiente termoplástico que ha de ser lubricado. Por ejemplo, se contempla que puedan utilizarse cualquiera de los agentes de desmoldeo y monómeros latentes que producen la formación del revestimiento lubricante térmico *in situ* durante el proceso de moldeo. O los monómeros mencionados anteriormente se pueden adulterar para formar agentes de desmoldeo tradicionales para conseguir el mismo resultado.

45 VII.A.1.a. Se contempla particularmente una superficie lubricante para la superficie interna de un cilindro de jeringa como se describe más detalladamente a continuación. Una superficie interna lubricada de un cilindro de jeringa puede reducir la fuerza de deslizamiento del émbolo necesaria para que avance un émbolo en el cilindro durante la operación de una jeringa, o la fuerza de arranque para que un émbolo comience a moverse después de que un émbolo de jeringa precargada ha impulsado el lubricante interpuesto o adherido al cilindro, por ejemplo, debido a la descomposición del lubricante entre el émbolo y el cilindro. Tal como se explica en otras partes de esta descripción, también se puede aplicar un revestimiento de Si_wO_xC_yH_z, donde w es 1, x en esta fórmula es de aproximadamente 0.5 a aproximadamente 2.4, y es de aproximadamente 0.6 a aproximadamente 3, y z es de 2 a aproximadamente 9, sobre la superficie interior 88 del recipiente 80 para mejorar la adhesión de un revestimiento posterior de SiO_x.

VII.A.1.a. Por lo tanto, el revestimiento 90 puede comprender una capa de SiO_x y una capa de $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$, donde w es 1, x en esta fórmula es de aproximadamente 0.5 a 2.4, y es de aproximadamente 0.6 a aproximadamente 3, y z es de aproximadamente 2 a aproximadamente 9, preferentemente donde w es 1, x es de aproximadamente 0.5 a 1, y es de aproximadamente 2 a aproximadamente 3, y z es de 6 a aproximadamente 9. La capa de $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$ se puede depositar entre la capa de SiO_x y la superficie interior del recipiente. O la capa de SiO_x puede depositarse entre la capa de $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$ y la superficie interior del recipiente. O también se pueden utilizar tres o más capas alternas o graduadas entre estas dos composiciones de revestimiento. La capa de SiO_x puede depositarse adyacente a la capa de $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$ o en una posición remota, con al menos una capa interpuesta de otro material. La capa de SiO_x puede depositarse adyacente a la superficie interior del recipiente. O la capa de $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$ puede depositarse adyacente a la superficie interior del recipiente.

VII.A.1.a. Otro recurso contemplado en la presente, para capas adyacentes de SiO_x y $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$, es un compuesto graduado cuya composición va de $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$, donde w es 1, x en esta fórmula es de aproximadamente 0.5 a 2.4, y es de aproximadamente 0.6 a aproximadamente 3, y z es de 2 a aproximadamente 9, preferentemente donde w es 1, x es de aproximadamente 0.5 a 1, y es de aproximadamente 2 a aproximadamente 3, y z es de 6 a aproximadamente 9, a SiO_x . Un compuesto graduado puede ser capas separadas de $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$ y SiO_x con una transición o interfaz de composición intermedia entre ellas, o capas separadas de $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$ y SiO_x con una capa intermedia de composición intermedia entre ellas o una única capa que cambia continuamente o en etapas de una composición de $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$ a una composición más similar a SiO_x , atravesando el revestimiento en una dirección normal.

VII.A.1.a. El grado en el compuesto graduado puede ir en cualquier dirección. Por ejemplo, la composición de $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$ se puede aplicar directamente al sustrato y se puede graduar hasta obtener una composición más alejada de la superficie de SiO_x . O la composición de SiO_x se puede aplicar directamente al sustrato y se puede graduar hasta obtener una composición más alejada de la superficie de $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$. Se contempla un revestimiento graduado particularmente si un revestimiento de una composición se adhiere al sustrato mejor que el otro, en cuyo caso la composición de mejor adherencia puede, por ejemplo, aplicarse directamente al sustrato. Se contempla que las porciones más distantes del revestimiento graduado puedan ser menos compatibles con el sustrato que las porciones adyacentes del revestimiento graduado, dado que en cualquier punto, el revestimiento cambia gradualmente sus propiedades, de forma que porciones adyacentes con casi la misma profundidad de revestimiento tienen una composición casi idéntica y porciones más separadas físicamente con profundidades sustancialmente diferentes pueden tener propiedades más diversas. También se contempla que una porción de revestimiento que forma una mejor barrera contra la transferencia de material desde o hasta el sustrato puede estar directamente ligada al sustrato, para evitar que la porción de revestimiento más remota que forma una barrera más pobre se contamine con el material cuyo contacto se pretende obstruir o impedir con la barrera.

VII.A.1.a. El revestimiento, en vez de ser graduado, opcionalmente puede tener transiciones abruptas entre una capa y la siguiente, sin que haya un gradiente sustancial de composición. Dichos revestimientos se pueden preparar, por ejemplo, proporcionando los gases para producir una capa como un flujo de estado constante en un estado que no sea plasma, activando luego el sistema con una descarga breve de plasma para formar un revestimiento sobre el sustrato. Si debe aplicarse un revestimiento posterior, se despejan los gases para el revestimiento anterior y se aplican los gases para el siguiente revestimiento en un modo de estado constante antes de activar el plasma y de esta manera se forma nuevamente una capa distinta sobre la superficie del sustrato o su revestimiento anterior más externo, con poca transición gradual, si la hay, en la interfaz.

VII.A.1.b. Tubo de sangre con citrato que tiene una pared revestida con una capa hidrófoba depositada de un precursor organosilícico

VII.A.1.b. Otra realización es un tubo de preparación de células que tiene una pared provista de un revestimiento hidrófobo sobre su superficie interior y que contiene un reactivo de citrato de sodio acuoso. El revestimiento hidrófobo también se puede aplicar sobre un revestimiento hidrófilo de SiO_x sobre la superficie interna del tubo. El revestimiento de SiO_x aumenta las propiedades de barrera del tubo termoplástico y el revestimiento hidrófobo modifica la energía superficial de la superficie de contacto entre la sangre y la pared del tubo.

VII.A.1.b. La pared está hecha de material termoplástico con una superficie interna que define una cavidad.

VII.A.1.b. Un tubo de extracción de sangre de acuerdo con la realización VII.A.1.b puede tener una primera capa de SiO_x sobre la superficie interna del tubo aplicada como se explica en esta descripción para funcionar como una barrera de oxígeno y ampliar la vida útil de un tubo de extracción de sangre al vacío hecho de material termoplástico. A continuación, se puede aplicar una segunda capa de $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$, donde w es 1, x en esta fórmula es de aproximadamente 0.5 a 2.4, y es de aproximadamente 0.6 a aproximadamente 3, y z es de 2 a aproximadamente 9, preferentemente donde w es 1, x es de aproximadamente 0.5 a 1, y es de aproximadamente 2 a aproximadamente 3, y z es de 6 a aproximadamente 9, sobre la capa de barrera sobre la superficie interna del tubo para proporcionar una superficie hidrófoba. El revestimiento reduce de forma efectiva la activación plaquetaria del plasma de sangre tratada con un aditivo de citrato de sodio y expuesta a la superficie interna, en comparación con el mismo tipo de pared sin revestir.

VII.A.1.b. Se utiliza PECVD para formar un revestimiento sobre la superficie interna con la siguiente estructura: $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$. A diferencia de los tubos de extracción de sangre con citrato convencionales, el tubo de extracción de sangre con una capa hidrófoba de $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$ no requiere un revestimiento cocido al horno sobre silicona en la pared del recipiente, como el que se aplica convencionalmente para preparar la superficie del tubo hidrófobo.

5 VII.A.1.b. Pueden aplicarse ambas capas usando el mismo precursor, por ejemplo, HMDSO u OMCTS, y diferentes condiciones de reacción de PECVD.

VII.A.1.b. A continuación, se introduce un reactivo anticoagulante de citrato de sodio dentro del tubo, y se vacía y sella con un cierre para producir un tubo para de extracción de sangre al vacío. Los expertos en la técnica estarán familiarizados con los componentes y la formulación del reactivo. Se introduce una cantidad efectiva del reactivo de citrato sódico acuoso en la
10 cavidad del tubo para inhibir la coagulación de la sangre introducida en el tubo.

VII.A.1.c. Recipiente plástico de pared doble revestido con una barrera de SiO_x – capas de COC, PET, SiO_x

VII.A.1.c. Otra realización es un recipiente que tiene una pared que contiene al menos parcialmente una cavidad. La pared tiene una capa polimérica interior contenida en una capa polimérica exterior. Una de las capas poliméricas es una capa de al menos de 0.1 mm de espesor de una resina copolimérica cicloolefínica (COC) que define una barrera contra el vapor de
15 agua. Otra de las capas poliméricas es una capa de al menos 0.1 mm de espesor de una resina de poliéster.

VII.A.1.c. La pared incluye una capa de barrera contra el oxígeno de SiO_x que tiene un espesor de aproximadamente 10 a aproximadamente 500 Angstroms.

VII.A.1.c. En una realización, ilustrada en la FIG. 36, el recipiente 80 puede ser un recipiente de doble pared que tiene una pared interna 408 y una pared externa 410, respectivamente hechas de los mismos o diferentes materiales. Una realización particular de este tipo puede prepararse con una pared moldeada de un copolímero cicloolefínico (COC) y la otra pared moldeada de un poliéster, tal como un tereftalato de polietileno (PET), con un revestimiento de SiO_x como se describió anteriormente sobre la superficie interior 412. Según sea necesario, puede insertarse un revestimiento o capa adherente entre las paredes interna y externa para promover la adhesión entre ellas. Una ventaja de esta construcción de pared es que las paredes que tienen diferentes propiedades pueden combinarse para formar un compuesto con las propiedades
20 respectivas de cada pared.

VII.A.1.c. Por ejemplo, la pared interna 408 puede estar hecha de PET revestido sobre la superficie interior 412 con una capa de barrera de SiO_x , y la pared externa 410 puede estar hecha de COC. El PET revestido con SiO_x , como se muestra en otras partes de esta descripción, es una barrera contra el oxígeno excelente, mientras que el COC es una barrera contra el vapor de agua excelente que proporciona una tasa de transición de vapor de agua baja (WVTR). El recipiente compuesto puede tener propiedades de barrera contra el oxígeno y el vapor de agua superiores. Se contempla esta construcción, por ejemplo, para un tubo médico de recogida de muestras al vacío que contiene un reactivo acuoso, tal como viene de fábrica, y tiene una vida útil sustancial, de manera que debería tener una barrera que evite la transferencia de vapor de agua hacia fuera o la transferencia de oxígeno u otros gases hacia adentro a través de su pared compuesta durante su vida útil.
30

VII.A.1.c. Por ejemplo, la pared interna 408 puede estar hecha de COC revestido sobre la superficie interior 412 con una capa de barrera de SiO_x , y la pared externa 410 puede estar hecha de PET. Se contempla esta construcción, por ejemplo, para una jeringa precargada que contiene un fluido estéril acuoso tal como viene de fábrica. La barrera de SiO_x evitará que el oxígeno entre en la jeringa a través de su pared. La pared interna de COC evitará el ingreso o egreso de otros materiales, tales como el agua, de ese modo se evita que el agua en el fluido estéril acuoso filtre materiales del material de la pared en la jeringa. También se contempla la pared interna de COC para evitar que el agua derivada del fluido estéril acuoso salga fuera de la jeringa (concentrando de ese modo de forma no deseada el fluido estéril acuoso) y esto evitará que el agua no estéril u otros fluidos fuera de la jeringa entren a través de la pared de la jeringa y hagan que el contenido sea no estéril. También se contempla la pared interna de COC como útil para disminuir la fuerza de ruptura o fricción del émbolo contra la pared interna de una jeringa.
40

VII.A.1.d. Método de fabricación de un recipiente plástico de pared doble – capas de COC, PET, SiO_x

45 VII.A.1.d. Otra realización es un método para fabricar un recipiente que tiene una pared con una capa polimérica interior contenida en una capa polimérica exterior, una capa hecha de COC y la otra de poliéster. El recipiente se fabrica mediante un proceso que incluye introducir capas de resina de COC y poliéster en un molde de inyección a través de boquillas de inyección concéntricas.

VII.A.1.d. Una etapa adicional opcional consiste en aplicar un revestimiento de carbono amorfo al recipiente por PECVD, como un revestimiento interno, un revestimiento externo o como un revestimiento intermedio ubicado entre las dos capas.
50

VII.A.1.d. Una etapa adicional opcional consiste en aplicar una capa de barrera de SiO_x al interior de la pared del recipiente, donde SiO_x se define como anteriormente. Otra etapa adicional opcional consiste en el posttratamiento de la capa de SiO_x con un gas de proceso que consiste esencialmente en oxígeno y está esencialmente exento de un compuesto de silicio volátil.

- 5 VII.A.1.d. Opcionalmente, el revestimiento de SiO_x puede formarse al menos parcialmente a partir de un gas de alimentación de silazano.

10 VII.A.1.d. El recipiente 80 que se muestra en la FIG. 36 puede hacerse desde adentro hacia afuera, por ejemplo, mediante moldeo por inyección de la pared interna en una primera cavidad del molde, retirando posteriormente el núcleo y la pared interna moldeada de la primera cavidad del molde a una segunda cavidad del molde más grande, moldeando posteriormente por inyección la pared externa contra la pared interna en la segunda cavidad del molde. Opcionalmente, puede proporcionarse una capa adherente sobre la superficie exterior de la pared interna moldeada antes del sobremoldeo de la pared externa sobre la capa adherente.

15 VII.A.1.d. O el recipiente 80 que se muestra en la FIG. 36 puede hacerse desde afuera hacia adentro, por ejemplo, insertando un primer núcleo en la cavidad del molde, moldeando por inyección la pared externa en la cavidad del molde, retirando posteriormente el primer núcleo de la primera pared moldeada e insertando un segundo núcleo más pequeño, moldeando posteriormente por inyección la pared interna contra la pared externa que aún se encuentra en la cavidad del molde. Opcionalmente, puede proporcionarse una capa adherente sobre la superficie interior de la pared externa moldeada antes del sobremoldeo de la pared interna sobre la capa adherente.

20 VII.A.1.d. O el recipiente 80 que se muestra en la FIG. 36 se puede fabricar en un molde con dos cámaras. Esto puede hacerse, por ejemplo, moldeando por inyección el material para la pared interna introducido por una boquilla interna y el material para la pared externa introducido por una boquilla externa concéntrica. Opcionalmente, puede proporcionarse una capa adherente a través una tercera boquilla concéntrica dispuesta entre las boquillas interna y externa. Las boquillas pueden alimentar los materiales de pared respectivos simultáneamente. Un recurso útil es comenzar a alimentar el material de la pared externa a través de la boquilla externa un poco antes de alimentar el material de la pared interna a través de la boquilla interna. Si hay una boquilla concéntrica intermedia, el orden del flujo puede comenzar con la boquilla externa y continuar en secuencia desde la boquilla intermedia y luego desde la boquilla interna. O el orden de comienzo de la alimentación puede partir de la boquilla interior y funcionar hacia afuera en orden inverso en comparación con la descripción precedente.

VII.A.1.e. Revestimiento de barrera hecho de vidrio

30 VII.A.1.e. Otra realización es un recipiente que incluye un recipiente, un revestimiento de barrera y un cierre. El recipiente es generalmente tubular y está hecho de material termoplástico. El recipiente tiene una boca y una cavidad unidas al menos en parte por una pared que tiene una superficie interna interconectada con la cavidad. Hay al menos un revestimiento de barrera esencialmente continuo hecho de vidrio sobre la superficie interna de la pared. Un cierre cubre la boca y aísla la cavidad del recipiente del aire ambiental.

35 VII.A.1.e. El recipiente 80 también puede estar hecho, por ejemplo, de vidrio de cualquier tipo utilizado en aplicaciones médicas o de laboratorio, tales como vidrio de soda cálcica, vidrio de borosilicato u otras formulaciones de vidrio. También se contemplan otros recipientes de cualquier forma o tamaño, hechos de cualquier material, para utilizar en el sistema 20. Una función del revestimiento de un recipiente de vidrio puede ser reducir el ingreso de iones en el vidrio, intencionalmente o como impurezas, por ejemplo, sodio, calcio u otros, desde el vidrio hasta el contenido del recipiente, tal como un reactivo o sangre en un tubo de extracción de sangre al vacío. Otra función del revestimiento de un recipiente de vidrio totalmente o en parte, tal como selectivamente en superficies que están en contacto en relación de deslizamiento con otras partes, es proporcionar lubricidad al revestimiento, por ejemplo, para facilitar la inserción o remoción de un tapón o un paso de un elemento deslizante tal como un pistón en una jeringa. Otra razón para revestir un recipiente de vidrio es evitar que un reactivo o una mezcla que se pretende introducir en el recipiente, tal como sangre, se adhiera a la pared del recipiente o que se produzca un aumento en la tasa de coagulación de la sangre en contacto con la pared del recipiente.

VII.A.1.e.i. Una realización relacionada es un recipiente como el descrito en el párrafo anterior, en el cual el revestimiento de barrera está hecho de vidrio de soda cálcica, vidrio de borosilicato u otro tipo de vidrio.

VII.A.2. Tapones

50 VII.A.2. Las FIGS. 23-25 ilustran un recipiente 268, que puede ser un tubo de extracción de sangre al vacío, que tiene un cierre 270 para aislar la cavidad 274 del ambiente. El cierre 270 comprende una superficie orientada hacia el interior 272 expuesta a la cavidad 274 del recipiente 268 y una superficie en contacto con la pared 276 que está en contacto con la superficie interna 278 de la pared del recipiente 280. En la realización ilustrada el cierre 270 es un montaje de un tapón 282 y una protección 284.

VII.A.2.a. Método para aplicar un revestimiento lubricante sobre un tapón en una cámara de vacío

- 5 VII.A.2.a. Otra realización es un método para aplicar un revestimiento sobre un tapón elastomérico tal como 282. El tapón 282, separado del recipiente 268, se coloca en una cámara que está sustancialmente al vacío. Se proporciona una mezcla de reacción que incluye gas formador de plasma, es decir, un compuesto organosilícico gaseoso, opcionalmente un gas oxidante y, opcionalmente, un hidrocarburo gaseoso. Se forma plasma en la mezcla de reacción, la cual se pone en contacto con el tapón. Se deposita un revestimiento de $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$, donde w es 1, x en esta fórmula es de aproximadamente 0.5 a 2.4, y es de aproximadamente 0.6 a aproximadamente 3, y z es de 2 a aproximadamente 9, preferentemente donde w es 1, x es de aproximadamente 0.5 a 1, y es de aproximadamente 2 a aproximadamente 3, y z es de 6 a aproximadamente 9, sobre al menos una porción del tapón.
- 10 VII.A.2.a. En la realización ilustrada, la superficie que está en contacto con la pared 276 del cierre 270 está revestida de un revestimiento lubricante 286.
- 15 VII.A.2.a. En algunas realizaciones, el revestimiento de $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$ reduce de forma efectiva la transmisión de uno o más de los constituyentes del tapón, tal como un ión metálico que es un constituyente del tapón, o de la pared del recipiente, a la cavidad del recipiente. Determinadas composiciones elastoméricas del tipo útil para fabricar un tapón 282 contienen cantidades traza de uno o más iones metálicos. Estos iones a veces no deberían migrar hacia la cavidad 274 o ponerse en contacto en cantidades sustanciales con el contenido del recipiente, particularmente si el recipiente de muestreo 268 debe utilizarse para recolectar una muestra para análisis de metales traza. Se contempla, por ejemplo, que los revestimientos que tienen relativamente poco contenido orgánico, es decir, donde y y z son bajos o iguales a cero, sean particularmente útiles como una barrera de iones metálicos en esta solicitud. En lo que respecta a la sílice como barrera de ión metálico, remítase, por ejemplo, a Anupama Mallikarjunan, Jasbir Juneja, Guangrong Yang, Shyam P. Murarka, and Toh-Ming Lu, The Effect of Interfacial Chemistry on Metal Ion Penetration into Polymeric Films, Mat. Res. Soc. Symp. Proc., Vol. 734, págs. B9.60.1-B9.60.6 (Materials Research Society, 2003); las Patentes de EE. UU. 5578103 y 6200658, y la Solicitud Europea EP0697378 A2, todas las cuales se incorporan a la presente por referencia. Se contempla, sin embargo, que parte del contenido orgánico pueda ser útil para proporcionar un revestimiento más elástico y para adherir el revestimiento a la superficie elastomérica del tapón 282.
- 20
- 25 VII.A.2.a. En algunas realizaciones, el revestimiento de $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$ puede ser un compuesto de un material con una primera y una segunda capa, en el que la primera capa o capa interna 288 se interconecta con el tapón elastomérico 282 y reduce de forma efectiva la transmisión de uno o más constituyentes del tapón 282 en la cavidad del recipiente. La segunda capa 286 puede interconectarse con la pared interna 280 del recipiente y reduce de forma eficaz la fricción entre el tapón 282 y la pared interna 280 del recipiente cuando el tapón 282 está asentado sobre o en el recipiente 268. Se describen estos compuestos en relación con revestimientos de jeringa en otras partes de la descripción.
- 30
- VII.A.2.a. O la primera y la segunda capa 288 y 286 están definidas por un revestimiento de propiedades graduadas, en el cual los valores de y y z son mayores en la primera capa que en la segunda capa.
- 35 VII.A.2.a. El revestimiento de $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$ se puede aplicar, por ejemplo, mediante PECVD sustancialmente como el descrito previamente. El revestimiento de $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$ puede ser, por ejemplo, de entre 0.5 y 5000 nm (5 a 50.000 Angstroms) de espesor o entre 1 y 5000 nm de espesor o entre 5 y 5000 nm de espesor o entre 10 y 5000 nm de espesor o entre 20 y 5000 nm de espesor o entre 50 y 5000 nm de espesor o entre 100 y 5000 nm de espesor o entre 200 y 5000 nm de espesor o entre 500 y 5000 nm de espesor o entre 1000 y 5000 nm de espesor o entre 2000 y 5000 nm de espesor o entre 3000 y 5000 nm de espesor o entre 4000 y 10.000 nm de espesor.
- 40 VII.A.2.a. Se contemplan ciertas ventajas para capas lubricantes recubiertas de plasma, frente a los lubricantes de silicona aplicados por pulverización convencionales mucho más gruesos (de un micrón o más). Los revestimientos de plasma tienen un potencial migratorio mucho más bajo para penetrar en la sangre que siliconas pulverizadas o revestidas por micrones, debido a que la cantidad de material revestido por plasma es mucho menor y a que puede aplicarse más íntimamente a la superficie revestida y ligarse mejor en posición.
- 45 VII.A.2.a. Se contemplan nanorevestimientos, como se aplican por PECVD, para ofrecer una resistencia más baja al deslizamiento de una superficie adyacente o flujo de un fluido adyacente que los revestimientos de micrones, dado que el revestimiento de plasma tiende a proporcionar una superficie más lisa.
- 50 VII.A.2.a. Otra realización más es un método para aplicar un revestimiento de $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$ sobre un tapón elastomérico. El tapón puede utilizarse, por ejemplo, para cerrar el recipiente descrito anteriormente. El método incluye varias partes. Se coloca un tapón en una cámara que está sustancialmente al vacío. Se proporciona una mezcla de reacción que comprende gas formador de plasma, es decir, un compuesto organosilícico gaseoso, opcionalmente un gas oxidante y, opcionalmente, un hidrocarburo gaseoso. Se forma plasma en la mezcla de reacción. El tapón se pone en contacto con la mezcla de reacción y deposita el revestimiento de $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$ sobre al menos una porción del tapón.

VII.A.2.a. Al aplicar este método, para obtener valores más altos de y y z , se contempla que la mezcla de reacción pueda comprender un hidrocarburo gaseoso, como se describe con más detalle anteriormente y más adelante. Opcionalmente, la mezcla de reacción puede contener oxígeno, si se contemplan valores menores de y y z o mayores de x . O particularmente para reducir la oxidación e incrementar los valores de y y z , la mezcla de reacción puede estar esencialmente exenta de un gas oxidante.

VII.A.2.a. Al aplicar este método para revestir ciertas realizaciones del tapón, tal como el tapón 282, se contempla que no es necesario proyectar la mezcla de reacción en las concavidades del tapón. Por ejemplo, las superficies que están en contacto con la pared y las que están orientadas al interior 276 y 272 del tapón 282 son esencialmente convexas y, por lo tanto, se tratan fácilmente mediante un proceso discontinuo en el cual pueden introducirse y tratarse una multiplicidad de tapones, tal como 282, en una única cámara de reacción que está básicamente al vacío. También se contempla que, en algunas realizaciones, los revestimientos 286 y 288 no necesiten presentar una barrera tan resistente contra el oxígeno o el agua como el revestimiento de barrera en la superficie interior 280 del recipiente 268, dado que el material del tapón 282 puede desempeñar esta función en gran medida.

VII.A.2.a. Se contemplan muchas variaciones del tapón y el proceso de revestimiento del tapón. El tapón 282 puede ponerse en contacto con el plasma. O el plasma puede formarse después del tapón 282, produciendo un producto de plasma y el producto de plasma puede ponerse en contacto con el tapón 282. El plasma puede formarse excitando la mezcla de reacción con energía electromagnética y/o energía de microondas.

VII.A.2.a. Se contemplan variaciones de la mezcla de reacción. El gas formador de plasma puede incluir un gas inerte. El gas inerte puede ser, por ejemplo, argón o helio u otros gases descritos en la presente invención. El compuesto organosilícico gaseoso puede ser o incluir, HMDSO, OMCTS, cualquiera de los otros compuestos organosilícicos mencionados en la presente invención o una combinación de dos o más de estos. El gas oxidante puede ser oxígeno u otros gases mencionados en la presente invención o una combinación de dos o más de estos. El hidrocarburo gaseoso puede ser, por ejemplo, metano, metanol, etano, etileno, etanol, propano, propileno, propanol, acetileno o una combinación de dos o más de estos.

VII.A.2.b. Aplicación por PECVD de un revestimiento de un elemento del grupo III o IV y carbono sobre un tapón

VII.A.2.b. Otra realización es un método para aplicar un revestimiento de una composición que incluye carbono y uno o más elementos de los grupos III o IV sobre un tapón elastomérico. Para llevar a cabo el método, se introduce un tapón en una cámara de deposición.

VII.A.2.b. Se proporciona una mezcla de reacción en la cámara de deposición, que incluye un gas de formación de plasma con una fuente gaseosa de un elemento del grupo III, un elemento del grupo IV o una combinación de dos o más de estos. La mezcla de reacción contiene opcionalmente un gas oxidante y contiene opcionalmente un compuesto gaseoso con uno o más enlaces C-H. Se forma plasma en la mezcla de reacción y el tapón se pone en contacto con la mezcla de reacción. Se deposita un revestimiento de un elemento o compuesto del grupo III, un elemento o compuesto del grupo IV o una combinación de dos o más de estos sobre al menos una porción del tapón.

VII.A.3. Recipiente de plástico tapado con un revestimiento de barrera efectivo para proporcionar el 95% de retención del vacío durante 24 meses

VII.A.3. Otra realización es un recipiente que incluye un recipiente, un revestimiento de barrera y un cierre. El recipiente es generalmente tubular y está hecho de material termoplástico. El recipiente tiene una boca y una cavidad unidas al menos en parte por una pared. La pared tiene una superficie interna que se interconecta con la cavidad. Se aplica un recubrimiento de barrera al menos esencialmente continuo sobre la superficie interna de la pared. El revestimiento de barrera proporciona de forma efectiva una vida útil sustancial. Se proporciona un cierre que cubre la boca del recipiente y aísla la cavidad del recipiente del aire ambiental.

VII.A.3. Haciendo referencia a las FIGS. 23-25, se muestra un recipiente 268 tal como un tubo de extracción de sangre al vacío u otro recipiente.

VII.A.3. El recipiente es, en esta realización, un recipiente generalmente tubular que tiene al menos un revestimiento de barrera esencialmente continuo y un cierre. El recipiente está hecho de un material termoplástico y tiene una boca y una cavidad unidas al menos en parte por una pared que tiene una superficie interna interconectada con la cavidad. El revestimiento de barrera se deposita sobre la superficie interna de la pared y es efectivo para mantener al menos 95%, o al menos 90% del nivel inicial de vacío del recipiente durante una vida útil de al menos 24 meses, opcionalmente al menos 30 meses, opcionalmente al menos 36 meses. El cierre cubre la boca del recipiente y aísla la cavidad del recipiente del aire ambiental.

VII.A.3. Se proporciona el cierre, por ejemplo, el cierre 270 ilustrado en las Figuras u otro tipo de cierre, para mantener un vacío parcial y/o para contener una muestra y limitar o prevenir su exposición al oxígeno o contaminantes. Las FIGS. 23-25 se basan en figuras que se encuentran en la Patente de EE. UU. N.º 6.602.206, pero el presente descubrimiento no se limita a ese ni a ningún otro tipo particular de cierre.

5 VII.A.3. El cierre 270 comprende una superficie orientada hacia el interior 272 expuesta a la cavidad 274 del recipiente 268 y una superficie en contacto con la pared 276 que está en contacto con la superficie interna 278 de la pared del recipiente 280. En la realización ilustrada el cierre 270 es un montaje de un tapón 282 y una protección 284.

10 VII.A.3. En la realización ilustrada, el tapón 282 define la superficie que está en contacto con la pared 276 y la superficie interna 278, mientras que la protección está en gran parte o totalmente fuera del recipiente tapado 268, retiene y proporciona una herramienta de sujeción para el tapón 282 y protege a una persona que retire el cierre 270 de estar expuesta a cualquier contenido expulsado del recipiente 268, tal como debido a una diferencia de presión dentro y fuera del recipiente 268, cuando el recipiente 268 se abre y el aire entra y sale para igualar la diferencia de presión.

15 VII.A.3. También se contempla que los revestimientos sobre la pared del recipiente 280 y la superficie en contacto con la pared 276 del tapón puedan coordinarse. El tapón puede revestirse con una capa de silicona lubricante y la pared del recipiente 280, hecha por ejemplo de PET o vidrio, puede revestirse con una capa de SiO_x más dura, o con una capa de SiO_x subyacente y una capa de recubrimiento lubricante.

VII.B. Jeringas

20 VII.B. La descripción anterior presta especial atención a la aplicación de un revestimiento de barrera a un tubo con un extremo permanentemente cerrado, tal como un tubo de extracción de sangre o, más generalmente, un tubo receptor de especímenes 80. El aparato no se limita a este dispositivo.

25 VII.B. Otro ejemplo de un recipiente adecuado, que se muestra en las FIGS. 20-22, es un cilindro de jeringa 250 para un jeringa médica 252. Este tipo de jeringas 252 se suministran a veces precargadas con solución salina, un preparado farmacéutico o similar para utilizar en técnicas médicas. También se contemplan jeringas precargadas 252 para beneficiarse de una barrera de SiO_x u otro tipo de revestimiento sobre la superficie interior 254 para que el contenido de la jeringa precargada 252 no entre en contacto con el plástico de la jeringa, por ejemplo, del cilindro de jeringa 250 durante el almacenamiento. Puede utilizarse la barrera u otro tipo de revestimiento para evitar la filtración de los componentes del plástico al contenido del cilindro a través de la superficie interior 254.

30 VII.B. Un cilindro de jeringa 250 moldeado de forma convencional se puede abrir tanto en el extremo posterior 256, para recibir un émbolo 258, como en el extremo frontal 260, para recibir una aguja hipodérmica, una boquilla o tubería para dispensar el contenido de la jeringa 252 o para recibir material en la jeringa 252. Pero el extremo frontal 260 puede estar tapado opcionalmente y el émbolo 258 se puede colocar opcionalmente en posición antes de utilizar la jeringa precargada 256, cerrando ambos extremos del cilindro 250. Se puede instalar una tapa 262 a efectos del procesamiento del cilindro de jeringa 250 o jeringa montada, o para permanecer en posición durante el almacenamiento de la jeringa precargada 252, hasta el momento en que se retire la tapa 262 y se coloque (opcionalmente) una aguja hipodérmica u otro conducto de administración sobre el extremo frontal 260 para preparar la jeringa 252 para su uso.

VII.B.1. Montajes

VII.B.1. La FIG.42 también muestra una construcción de cilindro de jeringa alternativa que se puede utilizar, por ejemplo, en las realizaciones de las FIGS. 21, 26, 28, 30 y 34 y que está adaptada para utilizar con el soporte de recipientes 450 de dicha Figura.

40 VII.B.1. La FIG. 50 es una vista del despiece y la FIG. 51 es una vista del montaje de una jeringa. El cilindro de jeringa puede procesarse con el aparato de tratamiento e inspección de recipientes de las FIGS. 1-22, 26-28, 33-35, 37-39, 44 y 53-54.

45 VII.B.1. La instalación de una tapa 262 hace que el cilindro 250 sea un recipiente de extremo cerrado que se puede proporcionar con una barrera de SiO_x u otro tipo de revestimiento sobre su superficie interior 254 en el aparato ilustrado previamente, proporcionando también opcionalmente un revestimiento sobre el interior 264 de la tapa y derivando la interfaz entre la tapa interior 264 y el extremo frontal del cilindro 260. Por ejemplo, en la FIG. 21 se muestra un aparato adecuado adaptado para este uso que es análogo a la FIG. 2 salvo por la sustitución del cilindro de jeringa tapado 250 por el recipiente 80 de la FIG. 2. VII.B.

50 VII.B.1 La FIG. 52 es una vista similar a la FIG. 42 pero que muestra un cilindro de jeringa que está siendo tratado que no tiene abrazaderas ni topes manuales 440. El cilindro de jeringa puede utilizarse con el aparato de tratamiento e inspección de recipientes de las FIGS. 1-19, 27, 33, 35, 44-51 y 53-54.

VII.B.1.a. Jeringa con cilindro revestido con un revestimiento lubricante depositado de un precursor organosilícico

VII.B.1.a. Otra realización más es un recipiente con un revestimiento lubricante de $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$, del tipo preparado mediante el siguiente proceso.

VII.B.1.a. Se proporciona un precursor como el definido anteriormente.

5 VII.B.1.a. El precursor se aplica a un sustrato en condiciones efectivas para formar un revestimiento. El revestimiento se polimeriza o reticula, o ambos, para formar una superficie lubricada con una fuerza de deslizamiento o fuerza de arranque del émbolo menor que el sustrato sin tratar.

VII.B.1.a. Con respecto a cualquiera de las realizaciones VII y subpartes, opcionalmente la etapa de aplicación se lleva a cabo vaporizando el precursor y proporcionándolo próximo al sustrato.

10 VII.B.1.a. Con respecto a cualquiera de las realizaciones VII.A.1.a.i, se forma opcionalmente un plasma, opcionalmente un plasma que no sea un plasma de cátodo hueco, próximo al sustrato. Opcionalmente, el precursor se proporciona en ausencia considerable de oxígeno. Opcionalmente, el precursor se proporciona en ausencia considerable de un gas portador. Opcionalmente, el precursor se proporciona en ausencia considerable de nitrógeno. Opcionalmente, el precursor se proporciona a una presión absoluta de menos de 1 Torr. Opcionalmente, el precursor se proporciona próximo a una
15 emisión de plasma. Opcionalmente, el producto de reacción del precursor se aplica al sustrato con un espesor de 1 a 5000 nm de espesor o 10 a 1000 nm de espesor o 10-200 nm de espesor o 20 a 100 nm de espesor. Opcionalmente, el sustrato comprende vidrio. Opcionalmente, el sustrato comprende un polímero, opcionalmente un polímero de policarbonato, opcionalmente un polímero olefínico, opcionalmente un copolímero cicloolefínico, opcionalmente un polímero de polipropileno, opcionalmente un polímero de poliéster, opcionalmente un polímero de tereftalato de polietileno.

20 Opcionalmente, el plasma se genera activando el reactivo gaseoso que contiene el precursor con electrodos alimentados, por ejemplo, a una frecuencia de RF como se define anteriormente, por ejemplo, una frecuencia de 10 kHz a menos de 300 MHz, más preferentemente de 1 a 50 MHz, incluso más preferentemente de 10 a 15 MHz, aún más preferentemente de 13.56 MHz.

25 Opcionalmente, el plasma se genera activando el reactivo gaseoso que contiene el precursor con electrodos alimentados con una potencia eléctrica de 0.1 a 25 W, preferentemente de 1 a 22 W, más preferentemente de 3 a 17 W, incluso más preferentemente de 5 a 14 W, aún más preferentemente de 7 a 11 W, en particular de 8 W. La relación entre la potencia de los electrodos y el volumen de plasma puede ser menor de 10 W/mL, preferentemente es de 5 W/mL a 0.1 W/mL, más preferentemente es de 4 W/mL a 0.1 W/mL, aún más preferentemente de 2 W/mL a 0.2 W/mL. Estos niveles de potencia son adecuados para aplicar revestimientos lubricantes a jeringas, tubos de muestreo y recipientes de geometría similar con
30 un volumen de vacío de 1 a 3 mL en el cual se genera el plasma por PECVD. Se contempla que para objetos más grandes o más pequeños, la potencia aplicada debería, por lo tanto, aumentarse o reducirse para adecuar el proceso al tamaño del sustrato.

35 VII.B.1.a Otra realización es un revestimiento lubricante sobre la pared interna de un cilindro de jeringa. El revestimiento se produce a partir de un proceso de PECVD utilizando los siguientes materiales y condiciones. Se emplea preferentemente un precursor cíclico seleccionado entre un siloxano monocíclico, un siloxano policíclico o una combinación de dos o más de estos, como se define en cualquier otra parte en esta descripción para revestimientos lubricantes. Un ejemplo de un precursor cíclico adecuado comprende octametilciclotetrasiloxano (OMCTS), opcionalmente mezclado con otros materiales precursores en cualquier proporción. Opcionalmente, el precursor cíclico consiste esencialmente en octametilciclotetrasiloxano (OMCTS), lo que significa que otros precursores pueden estar presentes en cantidades que no cambian las propiedades básicas y novedosas del revestimiento lubricante resultante, es decir, su reducción de la fuerza de
40 deslizamiento del émbolo o fuerza de arranque de la superficie revestida.

VII.B.1.a No se añade al menos esencialmente nada de oxígeno al proceso. Puede haber algo de oxígeno atmosférico residual en el cilindro de jeringa y puede haber oxígeno residual alimentado en una etapa previa y que no se agotó completamente en el cilindro de jeringa, esto se define en la presente como esencialmente nada de oxígeno presente. Si no se añade oxígeno al proceso, esto también queda contemplado por el alcance de "esencialmente nada de oxígeno".
45

VII.B.1.a Se proporciona una entrada de potencia suficiente para la generación de plasma, por ejemplo, cualquier nivel de potencia utilizado con éxito en uno o más ejemplos prácticos de esta descripción o que se describe en la descripción, para inducir la formación de un revestimiento.

50 VII.B.1.a Los materiales y condiciones empleados son efectivos para reducir la fuerza de deslizamiento o la fuerza de arranque del émbolo de jeringa que se mueve a través del cilindro de jeringa al menos un 25 por ciento, como alternativa al menos un 45 por ciento, como alternativa al menos un 60 por ciento, como alternativa más de un 60 por ciento, con respecto a un cilindro de jeringa sin revestir. Se contemplan rangos de reducción de la fuerza de deslizamiento o de la fuerza de

arranque del émbolo de un 20 a un 95 por ciento, como alternativa de un 30 a un 80 por ciento, como alternativa de un 40 a un 75 por ciento, como alternativa de un 60 a un 70 por ciento.

5 VII.B.1.a. Otra realización es un recipiente con un revestimiento hidrófobo sobre la pared interior que tiene la estructura: $Si_wO_xC_yH_z$, donde w, x, y y z son como se definieron previamente. El revestimiento se prepara como se explica para el revestimiento lubricante de composición similar, pero en condiciones efectivas para formar una superficie hidrófoba con un ángulo de contacto mayor que el sustrato sin tratar.

10 VII.B.1.a. Con respecto a cualquiera de las realizaciones VII.A.1.a.ii, el sustrato comprende opcionalmente vidrio o un polímero. El vidrio es opcionalmente vidrio de borosilicato. El polímero es opcionalmente un polímero de policarbonato, opcionalmente un polímero olefínico, opcionalmente un copolímero cicloolefínico, opcionalmente un polímero de polipropileno, opcionalmente un polímero de poliéster, opcionalmente un polímero de tereftalato de polietileno.

15 VII.B.1.a. Otra realización es una jeringa que incluye un émbolo, un cilindro de jeringa y una capa lubricante. El cilindro de jeringa incluye una superficie interior por la cual se desliza el émbolo. La capa lubricante se dispone sobre la superficie interior del cilindro de jeringa e incluye un revestimiento de una capa lubricante de $Si_wO_xC_yH_z$. La capa lubricante tiene un espesor menor de 1000 nm y es efectiva para reducir la fuerza de arranque o la fuerza de deslizamiento del émbolo necesaria para mover el émbolo dentro del cilindro. La reducción de la fuerza de deslizamiento del émbolo se expresa de manera alternativa como la reducción del coeficiente de fricción de deslizamiento del émbolo dentro del cilindro o la reducción de la fuerza del émbolo. Se considera que estos términos tienen el mismo significado en la presente descripción.

20 VII.B.1.a. La jeringa 544 de las FIGS. 50-51 comprende un émbolo 546 y un cilindro de jeringa 548. El cilindro de jeringa 548 tiene una superficie interior 552 por la cual se desliza el émbolo 546. La superficie interior 552 del cilindro de jeringa 548 comprende además un revestimiento lubricante 554 de $Si_wO_xC_yH_z$. La capa lubricante tiene un espesor menor de 1000 nm, opcionalmente menor de 500 nm, opcionalmente menor de 200 nm, opcionalmente menor de 100 nm, opcionalmente menor de 50 nm, y reduce de forma efectiva la fuerza de arranque necesaria para superar la adhesión del émbolo después del almacenamiento o la fuerza de deslizamiento del émbolo necesaria para mover el émbolo dentro del cilindro una vez que se ha movido. La capa lubricante se caracteriza por tener una fuerza de deslizamiento o una fuerza de arranque del émbolo más baja que la de la superficie sin revestir.

25 VII.B.1.a. Se puede utilizar cualquiera de los precursores anteriores de cualquier tipo solo o combinado con dos o más de ellos para proporcionar un revestimiento lubricante.

30 VII.B.1.a. Además de utilizar procesos de vacío, también pueden utilizarse procesos de plasma atmosféricos (sin vacío) a baja temperatura para inducir la ionización molecular y deposición a través de la administración de vapor monomérico precursor preferentemente en una atmósfera no oxidante tal como helio o argón. Independientemente, puede considerarse la CVD térmica mediante deposición de termólisis instantánea.

VII.B.1.a. Los métodos anteriores son similares a la PECVD de vacío en el hecho de que los mecanismos de revestimiento y reticulación superficial pueden ocurrir simultáneamente.

35 VII.B.1.a. Otro recurso más contemplado para cualquier revestimiento o revestimientos descritos en la presente es un revestimiento que no se aplica uniformemente sobre todo el interior 88 de un recipiente. Por ejemplo, un revestimiento diferente o adicional puede aplicarse selectivamente a una porción cilíndrica del interior del recipiente, en comparación con la porción hemisférica del interior del recipiente en su extremo cerrado 84, o viceversa. Este recurso se contempla particularmente para un cilindro de jeringa o un tubo de extracción de muestras como se describe más adelante, en el cual puede proporcionarse una superficie lubricante sobre parte o toda la porción cilíndrica del cilindro, donde el émbolo o pistón o cierre se desliza, y en ninguna otra parte.

40 VII.B.1.a. Opcionalmente, el precursor puede proporcionarse en presencia, ausencia considerable o ausencia de oxígeno, en presencia, ausencia considerable o ausencia de nitrógeno o en presencia, ausencia considerable o ausencia de un gas portador. En una realización contemplada, se administra únicamente el precursor al sustrato y se somete a PECVD para aplicar y curar el revestimiento.

45 VII.B.1.a. Opcionalmente, el precursor puede proporcionarse a menos de 1 Torr de presión absoluta.

VII.B.1.a. Opcionalmente, el precursor puede proporcionarse próximo a una emisión de plasma.

VII.B.1.a. Opcionalmente, el producto de reacción del precursor puede aplicarse al sustrato con un espesor de 1 a 5000 nm o de 10 a 1000 nm o 10-200 nm o de 20 a 100 nm.

VII.B.1.a. En cualquiera de las realizaciones anteriores, el sustrato puede comprender vidrio o un polímero, por ejemplo, uno o más de los siguientes: un polímero de policarbonato, un polímero olefínico (por ejemplo, un copolímero cicloolefínico o un polímero de polipropileno) o un polímero de poliéster (por ejemplo, un polímero de tereftalato de polietileno).

5 VII.B.1.a. En cualquiera de las realizaciones anteriores, el plasma se genera activando el reactivo gaseoso que contiene el precursor con electrodos alimentados a una frecuencia de RF como se define en la descripción.

10 VII.B.1.a. En cualquiera de las realizaciones anteriores, el plasma se genera activando el reactivo gaseoso que contiene el precursor con electrodos a los que se le suministra suficiente potencia eléctrica para generar un revestimiento lubricante. Opcionalmente, el plasma se genera activando el reactivo gaseoso que contiene el precursor con electrodos alimentados con una potencia eléctrica de 0.1 a 25 W, preferentemente de 1 a 22 W, más preferentemente de 3 a 17 W, incluso más preferentemente de 5 a 14 W, aún más preferentemente de 7 a 11 W, en particular de 8 W. La relación entre la potencia de los electrodos y el volumen de plasma puede ser menor de 10 W/mL, preferentemente es de 5 W/mL a 0.1 W/mL, más preferentemente es de 4 W/mL a 0.1 W/mL, aún más preferentemente de 2 W/mL a 0.2 W/mL. Estos niveles de potencia son adecuados para aplicar revestimientos lubricantes a jeringas, tubos de muestreo y recipientes de geometría similar con un volumen de vacío de 1 a 3 mL en el cual se genera el plasma por PECVD. Se contempla que para objetos más grandes o más pequeños, la potencia aplicada debería, por lo tanto, aumentarse o reducirse para adecuar el proceso al tamaño del sustrato.

20 VII.B.1.a. El revestimiento puede curarse, por ejemplo, polimerizando o reticulando el revestimiento, o ambos, para formar una superficie lubricada con una fuerza de deslizamiento o fuerza de arranque del émbolo menor que el sustrato sin tratar. La curación puede ocurrir durante el proceso de aplicación, tal como PECVD, o puede llevarse a cabo o al menos completarse por procesamiento separado.

VII.B.1.a. A pesar de que la deposición de plasma se ha utilizado en la presente para demostrar las características de revestimiento, pueden utilizarse métodos de deposición alternativos mientras que la composición química del material de partida se preserve en la medida de lo posible depositándose igualmente una película sólida que se adhiere al sustrato base.

25 VII.B.1.a. Por ejemplo, el material de revestimiento puede aplicarse al cilindro de jeringa (en estado líquido) pulverizando el revestimiento o sumergiendo el sustrato en el revestimiento, donde el revestimiento es un precursor puro o un precursor diluido en disolvente (permitiendo la deposición mecánica de un revestimiento más fino). El revestimiento se puede reticular opcionalmente utilizando energía térmica, energía UV, energía de haz de electrones, energía de plasma o cualquier combinación de estas.

30 VII.B.1.a. La aplicación de un precursor de silicona, como se describe anteriormente, a una superficie con una etapa de curación posterior separada también se contempla. Las condiciones de aplicación y curado pueden ser análogas a aquellas utilizadas para el curado de plasma atmosférico de éteres de polifluoroalquilo prerrevestido, un proceso que se realiza con la marca registrada TriboGlide®. Pueden encontrarse más detalles de este proceso en <http://www.triboglide.com/process.htm>.

35 VII.B.1.a. En dicho proceso, el área de la parte a ser revestida puede ser pretratada opcionalmente con un plasma atmosférico. Este pretratamiento limpia y activa la superficie de manera que sea receptiva al lubricante que se pulveriza en la siguiente etapa.

VII.B.1.a. El fluido lubricante, en este caso uno de los precursores anteriores o un precursor polimerizado, se pulveriza posteriormente sobre la superficie que ha de ser tratada. Por ejemplo, la tecnología de dispersión de precisión IVEK puede utilizarse para atomizar con precisión el fluido y crear un revestimiento uniforme.

40 VII.B.1.a. El revestimiento se adhiere o reticula posteriormente a la parte, nuevamente utilizando un campo de plasma atmosférico. Esto inmoviliza el revestimiento y mejora el rendimiento del lubricante.

45 VII.B.1.a. Opcionalmente, el plasma atmosférico puede generarse a partir de aire ambiental en el recipiente, en cuyo caso, no es necesario un equipo de alimentación de gas ni de extracción de vacío. Sin embargo, preferentemente, el recipiente está al menos sustancialmente cerrado mientras que se genera el plasma, para minimizar la necesidad de potencia y evitar el contacto del plasma con las superficies o materiales fuera del recipiente.

VII.B.1.a.i. Revestimiento lubricante: barrera de SiO_x, capa lubricante, tratamiento superficial

Tratamiento superficial

50 VII.B.1.a.i. Otra realización es una jeringa que comprende un cilindro que define una cavidad y que tiene una superficie interior por la cual se desliza el émbolo, es decir, que recibe un émbolo para un contacto de deslizamiento con la superficie interior.

VII.B.1.a.i. El cilindro de jeringa está hecho de material base termoplástico.

VII.B.1.a.i. Opcionalmente, la superficie interior del cilindro está revestida con una capa de barrera de SiO_x como se describe en cualquier otra parte de esta descripción.

5 VII.B.1.a.i. Se aplica un revestimiento lubricante a la superficie interior del cilindro, el émbolo o ambos, a la capa de barrera de SiO_x anteriormente aplicada. La capa lubricante puede proporcionarse, aplicarse y curarse como se establece en la realización VII.B.1.a o en cualquier otra parte de esta descripción.

VII.B.1.a.i. Por ejemplo, el revestimiento lubricante puede aplicarse, en cualquier realización, por PECVD. Se deposita un revestimiento lubricante hecho de un precursor organosilícico y tiene un espesor menor de 1000 nm.

10 VII.B.1.a.i. Se lleva a cabo un tratamiento superficial sobre el revestimiento lubricante en una cantidad efectiva para reducir la filtración o el contenido extraíble del revestimiento lubricante, el material base termoplástico o ambos. La superficie tratada puede actuar de este modo como un artículo de retención de soluto. Este tratamiento superficial puede producir un revestimiento superficial, por ejemplo, un revestimiento superficial con un espesor de al menos 1 nm y menos de 100 nm o menos de 50 nm o menos de 40 nm o menos de 30 nm o menos de 20 nm o menos de 10 nm o menos de 5 nm o menos de 3 nm o menos de 2 nm o menos de 1 nm o menos de 0.5 nm.

15 Como se utiliza en la presente, "fugas" se refiere a un material transferido fuera de un sustrato, tal como una pared del recipiente, hacia el contenido del recipiente, por ejemplo, una jeringa. Habitualmente, las fugas se miden almacenando el recipiente lleno con el contenido pretendido y analizando posteriormente el contenido para determinar qué material se filtró de la pared del recipiente en el contenido pretendido. "Extracción" hace referencia a material eliminado de un sustrato introduciendo un solvente o medio de dispersión que no sea el contenido pretendido del recipiente, para determinar qué material puede eliminarse del sustrato en el medio de extracción en las condiciones de la prueba.

20 VII.B.1.a.i. El tratamiento superficial que da como resultado un elemento de retención de soluto puede ser opcionalmente un revestimiento de SiO_x o $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$, cada uno como se definió previamente en esta descripción. En una realización, el tratamiento superficial puede aplicarse por medio de depósito de PECVD de SiO_x o $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$. Opcionalmente, el tratamiento superficial puede aplicarse utilizando una potencia superior o condiciones más fuertes de oxidación que las que se utilizan para crear la capa lubricante, o ambos, proporcionado de esa forma un elemento de retención de soluto más duro, más fino y continuo 539. El tratamiento superficial puede ser de menos de 100 nm de profundidad, opcionalmente menos de 50 nm de profundidad, opcionalmente menos de 40 nm de profundidad, opcionalmente menos de 30 nm de profundidad, opcionalmente menos de 20 nm de profundidad, opcionalmente menos de 10 nm de profundidad, opcionalmente menos de 5 nm de profundidad, opcionalmente menos de 3 nm de profundidad, opcionalmente menos de 1 nm de profundidad, opcionalmente menos de 0.5 nm de profundidad, opcionalmente entre 0.1 y 50 nm de profundidad en el revestimiento lubricante.

35 VII.B.1.a.i. Se contempla que el elemento de retención de soluto proporcione un rendimiento de filtración de soluto bajo a la capa lubricante subyacente y a las otras capas, incluido el sustrato, según sea necesario. Este elemento de retención sólo necesitaría ser un elemento de retención de soluto para grandes moléculas de soluto y oligómeros (por ejemplo, monómeros de siloxano tales como HMDSO, OMCTS, sus fragmentos y oligómeros móviles derivados de lubricantes, por ejemplo, un "elemento de retención de fugas") y no una capa de barrera contra gas ($\text{O}_2/\text{N}_2/\text{CO}_2$ /vapor de agua). Un elemento de retención de soluto puede, sin embargo, ser también una barrera contra gas (por ejemplo, el revestimiento de SiO_x) de acuerdo con la presente invención. Se puede crear un buen elemento de retención de fugas sin rendimiento de la barrera contra gas, empleando el vacío o procesos de PECVD con base atmosférica. Es deseable que la "barrera contra fugas" sea lo suficientemente fina para que, con el movimiento del émbolo de jeringa, el émbolo penetre fácilmente en el "elemento de retención de soluto", exponiendo el conector del émbolo a la capa lubricante que está justo debajo para formar una superficie lubricada con una fuerza de deslizamiento o fuerza de arranque del émbolo más baja que el sustrato sin tratar.

45 VII.B.1.a.i. En otra realización, el tratamiento superficial puede realizarse oxidando la superficie de una capa lubricante aplicada anteriormente, exponiendo la superficie a oxígeno en un entorno de plasma. Puede utilizarse el entorno de plasma descrito en la presente descripción para formar revestimientos de SiO_x . O pueden emplearse condiciones de plasma atmosférico en un entorno rico en oxígeno.

50 VII.B.1.a.i. La capa lubricante y el elemento de retención de soluto, independientemente de cómo se hayan formado, se pueden curar opcionalmente al mismo tiempo. En otra realización, la capa lubricante puede estar al menos parcialmente curada, opcionalmente completamente curada, después de lo cual puede proporcionarse y aplicarse un tratamiento de superficie y puede curarse el elemento de retención de soluto.

VII.B.1.a.i. El revestimiento lubricante y el elemento de retención de soluto están compuestos y presentes en cantidades relativas de forma que sean efectivas para proporcionar una fuerza de arranque, una fuerza de deslizamiento del émbolo o

ambas, inferior(es) a la fuerza correspondiente necesaria en ausencia del revestimiento lubricante y el tratamiento superficial. Dicho de otra forma, el espesor y la composición del elemento de retención de soluto son tales que reducen las fugas de material de la capa lubricante en el contenido de la jeringa, permitiendo al mismo tiempo que el revestimiento lubricante subyacente lubrique el émbolo. Se contempla que el elemento de retención de soluto se rompa fácilmente y sea lo suficientemente fino para que la capa lubricante siga funcionando para lubricar al émbolo cuando se mueva.

VII.B.1.a.i. En una realización contemplada, el tratamiento de lubricidad y el superficial pueden aplicarse sobre la superficie interior del cilindro. En otra realización contemplada, el tratamiento de lubricidad y el superficial pueden aplicarse sobre el émbolo. En otra realización contemplada, el tratamiento de lubricidad y el superficial pueden aplicarse sobre la superficie interior del cilindro y sobre el émbolo. En cualquiera de estas realizaciones, la capa de barrera de SiO_x opcional sobre el interior del cilindro de jeringa puede estar presente o ausente.

VII.B.1.a.i. Una realización contemplada es una configuración de una pluralidad de capas, por ejemplo, de 3 capas, aplicadas a la superficie interior de un cilindro de jeringa. La capa 1 puede ser una barrera contra gas de SiO_x aplicada por PECVD de HMDSO, OMCTS o ambos, en una atmósfera oxidante. Dicha atmósfera puede proporcionarse, por ejemplo, alimentando HMDSO y gas de oxígeno a un aparato de revestimiento de PECVD como se describe en la presente descripción. La capa 2 puede ser una capa lubricante utilizando OMCTS aplicado en una atmósfera no oxidante. Dicha atmósfera no oxidante puede proporcionarse, por ejemplo, alimentando OMCTS a un aparato de revestimiento de PECVD como se describe en la descripción, opcionalmente en ausencia considerable o completa de oxígeno. Un elemento de retención posterior de soluto puede formarse por medio de un tratamiento que forma una capa superficial fina de SiO_x o $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$ como un elemento de retención de soluto utilizando una alta potencia y oxígeno utilizando OMCTS y/o HMDSO.

VII.B.1.a.i. Se contempla que algunos de estos revestimientos con una pluralidad de capas tengan una o más de las siguientes ventajas opcionales, al menos en cierto grado. Pueden superar la dificultad indicada de manipular la silicona, debido a que el elemento de retención de soluto puede confinar la silicona interior y evitar que migre hacia el contenido de la jeringa o cualquier otra parte, lo que resulta en menos partículas de silicona en el contenido que se administra de la jeringa y menos oportunidad de interacción entre el revestimiento lubricante y el contenido de la jeringa. También pueden superar el tema de la migración de la capa lubricante lejos del punto de lubricación, lo cual mejora la lubricidad de la interfaz entre el cilindro de jeringa y el émbolo. Por ejemplo, la fuerza de arranque puede reducirse al igual que el arrastre en el émbolo que se mueve u opcionalmente ambos.

VII.B.1.a.i. Se contempla que cuando el elemento de retención de soluto se rompa, el elemento de retención de soluto continúe adhiriéndose al revestimiento lubricante y el cilindro de jeringa, lo cual puede impedir que cualquier partícula quede atrapada en el contenido que se administra de la jeringa.

VII.B.1.a.i. Ciertos de estos revestimientos también proporcionarán ventajas de fabricación, particularmente si el revestimiento de barrera, el revestimiento lubricante y el tratamiento superficial se aplican en el mismo aparato, por ejemplo, el aparato de PECVD ilustrado. Opcionalmente, el revestimiento de barrera de SiO_x , el revestimiento lubricante y el tratamiento superficial pueden aplicarse en un aparato de PECVD, de esa forma se reduce en gran medida la cantidad de manipulación necesaria.

Pueden obtenerse otras ventajas formando el revestimiento de barrera, el revestimiento lubricante y el elemento de retención de soluto utilizando los mismos precursores y variando los procesos. Por ejemplo, una capa de barrera contra gas de SiO_x puede aplicarse utilizando un precursor de OMCTS en condiciones de alta potencia/altos niveles de O_2 , con la aplicación posterior de la capa lubricante utilizando un precursor de OMCTS en condiciones de potencia baja y/o en ausencia considerable o completa de oxígeno, finalizando con un tratamiento superficial utilizando un precursor de OMCTS en condiciones de potencia intermedia y niveles de oxígeno intermedios.

VII.B.1.b Jeringa con un cilindro cuyo interior tiene un revestimiento de SiO_x y cuyo exterior tiene un revestimiento de barrera

VII.B.1.b. Otra realización más, ilustrada en la FIG. 50, es una jeringa 544 que incluye un émbolo 546, un cilindro 548 y un revestimiento de barrera interior y exterior 554 y 602. El cilindro 548 puede estar hecho de material base termoplástico que define una cavidad 604. El cilindro 548 puede tener una superficie interior 552 por la cual se desliza el émbolo 546 y una superficie exterior 606. Un revestimiento de barrera 554 de SiO_x , en el cual x es de aproximadamente 1.5 a aproximadamente 2.9, puede proporcionarse sobre la superficie interior 552 del cilindro 548. Puede proporcionarse un revestimiento de barrera 602 de una resina sobre la superficie exterior 606 del cilindro 548.

VII.B.1.b. En cualquier realización, el material base termoplástico opcionalmente puede incluir una poliolefina, por ejemplo, un polipropileno o copolímero cicloolefínico (por ejemplo, el material comercializado con la marca registrada TOPAS®), un poliéster, por ejemplo, tereftalato de polietileno, un policarbonato, por ejemplo, un policarbonato de bisfenol A termoplástico, u otros materiales. Se contempla que los cilindros de jeringa compuestos tengan cualquiera de estos materiales como una capa externa y uno de estos materiales idéntico o diferente como una capa interna. También pueden utilizarse cualquiera

de las combinaciones de materiales de los cilindros de jeringa o tubos de muestra compuestos descritos en cualquier otra parte en la presente descripción.

5 VII.B.1.b. En cualquier realización, la resina opcionalmente puede incluir cloruro de polivinilideno en forma de homopolímero o copolímero. Por ejemplo, pueden emplearse los homopolímeros de PvDC (nombre vulgar: Saran) o copolímeros descritos en la Patente de Estados Unidos 6.165.566, incorporada a la presente por referencia. La resina opcionalmente puede aplicarse sobre la superficie exterior del cilindro en forma de un látex u otra dispersión.

VII.B.1.b. En cualquier realización, el cilindro de jeringa 548 opcionalmente puede incluir una revestimiento lubricante dispuesto entre el émbolo y el revestimiento de barrera de SiO_x . Los revestimientos lubricantes adecuados se describen en otras partes de esta descripción.

10 VII.B.1.b. En cualquier realización, el revestimiento lubricante se puede aplicar opcionalmente mediante PECVD y puede incluir opcionalmente material con la composición $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$.

VII.B.1.b. En cualquier realización, el cilindro de jeringa 548 opcionalmente puede incluir un tratamiento superficial que cubre el revestimiento lubricante en una cantidad efectiva para reducir las fugas del revestimiento lubricante, constituyentes del material base termoplástico o ambos en la cavidad 604.

15 **VII.B.1.c Método de preparación de una jeringa cuyo cilindro tiene un revestimiento interior de SiO_x y un revestimiento exterior de barrera**

20 VII.B.1.c. Incluso otra realización es un método de preparación de una jeringa, según se describe en cualquiera de las realizaciones de la parte VII.B.1.b, que incluye un émbolo, un cilindro y un revestimiento de barrera interior y exterior. Se proporciona un cilindro con una superficie interior por la cual se desliza el émbolo y una superficie exterior. Se proporciona un revestimiento de barrera de SiO_x sobre la superficie interior del cilindro por PECVD. Se proporciona un revestimiento de barrera de una resina sobre la superficie exterior del cilindro. El émbolo y cilindro se ensamblan para proporcionar una jeringa.

25 VII.B.1.c. Para obtener un revestimiento efectivo (humectación uniforme) del artículo plástico con el látex acuoso, se contempla como útil ajustar la tensión superficial del látex al sustrato plástico. Esto puede lograrse aplicando varios métodos, por separado o combinados, por ejemplo, reduciendo la tensión superficial del látex (con surfactante o disolventes) y/o el pretratamiento con corona del artículo plástico y/o cebado químico del artículo plástico.

30 VII.B.1.c. La resina opcionalmente puede aplicarse mediante revestimiento por inmersión del látex sobre la superficie exterior del cilindro, revestimiento por pulverización del látex sobre la superficie exterior del cilindro o ambos para proporcionar artículos en base a plástico que ofrecen un rendimiento mejorado de barrera contra gas y vapor. Pueden prepararse artículos laminados de plástico de cloruro de polivinilideno que proporcionan un rendimiento de barrera contra gas considerablemente mejorado frente al artículo plástico no laminado.

VII.B.1.c. En cualquier realización, la resina opcionalmente puede curarse térmicamente. La resina puede curarse opcionalmente eliminando el agua. El agua puede eliminarse curando térmicamente la resina, exponiendo la resina a un vacío parcial o a un entorno de baja humedad, curando catalíticamente la resina o mediante otros recursos.

35 VII.B.1.c. Se contempla un programa de curación térmica efectivo para proporcionar un secado final que permita la cristalización de PvDC, lo cual ofrece un rendimiento de barrera. El curado primario puede llevarse a cabo a una temperatura elevada, por ejemplo, entre 180-310 °F (82-154 °C), dependiendo obviamente de la tolerancia al calor del material base termoplástico. El rendimiento de la barrera después del primer curado opcionalmente puede ser de aproximadamente el 85% del último rendimiento de barrera alcanzado después del curado final.

40 VII.B.1.c. El curado final puede llevarse a cabo a temperaturas en el rango de temperatura ambiente, tal como aproximadamente 65-75 °F (18-24 °C) durante un periodo de tiempo prologando (tal como 2 semanas) a una temperatura elevada, tal como 122 °F (50 °C) durante poco tiempo, tal como cuatro horas.

45 VII.B.1.c. Los artículos laminados plásticos de PvDC, además del rendimiento de barrera superior, se contempla que opcionalmente proporcionan una o más propiedades deseables, tales como transparencia incolora, buen brillo, resistencia a la abrasión, imprimibilidad y resistencia a la tensión mecánica.

VII.B.2. Émbolos

VII.B.2.a. Con la cara frontal del pistón revestida con una barrera

VII.B.2.a. Otra realización es un émbolo para una jeringa, que incluye un pistón y una varilla de empuje. El pistón tiene una cara frontal, una cara lateral generalmente cilíndrica y una porción trasera, estando configurada la cara lateral para

asentarse con movilidad dentro de un cilindro de jeringa. La cara frontal tiene un revestimiento de barrera. La varilla de empuje está acoplada a la porción trasera y está configurada para hacer avanzar el pistón en un cilindro de jeringa.

VII.B.2.b. Con revestimiento lubricante interconectado con la cara lateral

5 VII.B.2.b. Otra realización es un émbolo para una jeringa, que incluye un pistón, un revestimiento lubricante y una varilla de empuje. El pistón tiene una cara frontal, una cara lateral generalmente cilíndrica y una porción trasera. La cara lateral está configurada para asentarse con movilidad dentro de un cilindro de jeringa. El revestimiento lubricante está interconectado con la cara lateral. La varilla de empuje está acoplada a la porción trasera del pistón y está configurada para hacer avanzar el pistón en un cilindro de jeringa.

VII.B.3. Jeringa de dos piezas y conector de tipo Luer

10 VII.B.3. Otra realización es una jeringa que incluye un émbolo, un cilindro de jeringa y un conector de tipo Luer. La jeringa incluye un cilindro con una superficie interior por la cual se desliza el émbolo. El conector de tipo Luer incluye un ajuste cónico de tipo Luer con un paso interno definido por una superficie interna. El conector de tipo Luer se forma como una pieza separada del cilindro de jeringa y unida al cilindro de jeringa por acoplamiento. El paso interno del ajuste cónico de tipo Luer tiene un revestimiento de barrera de SiO_x .

15 VII.B.3. Haciendo referencia a las FIGS. 50-51, la jeringa 544 opcionalmente puede incluir un conector de tipo Luer 556 que comprende un ajuste cónico de tipo Luer 558 para recibir una cánula montada sobre un ajuste cónico de tipo Luer complementario (que no se muestra, convencional). El ajuste cónico de tipo Luer 558 tiene un paso interno 560 definido por una superficie interna 562. El conector de tipo Luer 556 se forma opcionalmente como una pieza separada del cilindro de jeringa 548 y unida al cilindro de jeringa 548 por un acoplamiento 564. Como se ilustra en las FIGS: 50 y 51, el acoplamiento 20 564 en este caso tiene una parte macho 566 y una parte hembra 568 que encajan para asegurar al conector de tipo Luer en al menos un modo sustancialmente a prueba de fugas al cilindro 548. La superficie interna 562 del ajuste cónico de tipo Luer puede incluir un revestimiento de barrera 570 de SiO_x . El revestimiento de barrera puede tener un espesor menor de 100 nm y que reduce de forma efectiva el ingreso de oxígeno en el paso interno del conector de tipo Luer. El revestimiento de barrera puede aplicarse antes de que el conector de tipo Luer se una al cilindro de jeringa. La jeringa de las FIGS. 50-51 25 también tiene un aro de seguridad opcional 572 que está roscado internamente de manera que fija la unión cónica de tipo Luer complementaria de una cánula en posición sobre el ajuste cónico 558.

VII.B.4. Composiciones lubricantes – Revestimiento lubricante depositado de un precursor organosilícico preparado polimerizando el precursor organosilícico *in situ*

VII.B.4.a. Producto obtenido mediante el proceso y lubricidad

30 VII.B.4.a. Otra realización más es un revestimiento lubricante. Este revestimiento puede ser del tipo preparado mediante el siguiente proceso.

VII.B.4.a. Cualquiera de los precursores mencionados en cualquier otra parte en la presente descripción puede utilizarse solo o combinado. El precursor se aplica a un sustrato en condiciones efectivas para formar un revestimiento. El revestimiento se polimeriza o reticula, o ambos, para formar una superficie lubricada con una fuerza de deslizamiento o 35 fuerza de arranque del émbolo menor que el sustrato sin tratar.

VII.B.4.a. Otra realización es un método de aplicación de un revestimiento lubricante. Se aplica un precursor organosilícico a un sustrato en condiciones efectivas para formar un revestimiento. El revestimiento se polimeriza o reticula, o ambos, para formar una superficie lubricada con una fuerza de deslizamiento o fuerza de arranque del émbolo menor que el sustrato sin tratar.

VII.B.4.b. Producto obtenido mediante el proceso y propiedades analíticas

VII.B.4.b. Incluso otro aspecto de la invención es un revestimiento lubricante depositado por PECVD de un gas de alimentación que comprende un precursor organometálico, preferentemente un precursor organosilícico, preferentemente un siloxano lineal, un silazano lineal, un siloxano monocíclico, un silazano monocíclico, un siloxano policíclico, un silazano policíclico o una combinación de dos o más de estos. El revestimiento tiene una densidad de entre 1.25 y 1.65 g/cm^3 45 opcionalmente de entre 1.35 y 1.55 g/cm^3 , opcionalmente de entre 1.4 y 1.5 g/cm^3 , opcionalmente de entre 1.44 y 1.48 g/cm^3 según se determina por medio de la reflectividad de rayos X (XRR).

VII.B.4.b. Otro aspecto más de la invención es un revestimiento lubricante depositado por PECVD de un gas de alimentación que comprende un precursor organometálico, preferentemente un precursor organosilícico, preferentemente un siloxano lineal, un silazano lineal, un siloxano monocíclico, un silazano monocíclico, un siloxano policíclico, un silazano policíclico o una combinación de dos o más de estos. El revestimiento tiene un componente de desgasificación, uno o más 50

oligómeros que contienen restos $-(Me)_2SiO-$ repetidos, según se determina por medio de cromatografía de gases/espectrometría de masas. Opcionalmente, el revestimiento cumple las limitaciones de cualquiera de las realizaciones VII.B.4.a o VII.B.4.b. Opcionalmente, el componente desgasificado del revestimiento, según se determina por medio de cromatografía de gases/espectrometría de masas, está básicamente exento de trimetilsilanol.

- 5 VII.B.4.b. Opcionalmente, el componente desgasificado del revestimiento puede ser de al menos 10 ng/prueba de oligómeros que contienen restos $-(Me)_2SiO-$ repetidos, según se determina por medio de cromatografía de gases/espectrometría de masas utilizando las siguientes condiciones de prueba:
- Columna de CG: 30m X 0,25mm DB-5MS (J&W Scientific), 0,25 μ m de espesor de película
 - 10 • Tasa de flujo: 1.0 mL/min, modo de flujo constante
 - Detector: Detector selectivo de masas (MSD)
 - Modo de inyección: Inyección separada (relación de separación 10:1)
 - Condiciones de desgasificación: Cámara de 1½" (37 mm), purga durante tres horas a 85 °C, flujo 60 mL/min
 - 15 • Temperatura del horno: de 40 °C (5 min.) a 300 °C a 10 °C/min.; mantenida durante 5 min a 300 °C.

VII.B.4.b. Opcionalmente, el componente desgasificado puede incluir al menos 20 ng/prueba de oligómeros que contienen restos $-(Me)_2SiO-$ repetidos.

- 20 VII.B.4.b. Opcionalmente, el gas de alimentación comprende un siloxano monocíclico, un silazano monocíclico, un siloxano policíclico, un silazano policíclico o una combinación de dos o más de estos, por ejemplo, un siloxano monocíclico, un silazano monocíclico o cualquier combinación de dos o más de estos, por ejemplo, octametilciclotetrasiloxano.

VII.B.4.b. El revestimiento lubricante de cualquier realización puede tener un espesor medido por microscopía electrónica de transmisión (TEM) de entre 1 y 500 nm, opcionalmente de entre 20 y 200 nm, opcionalmente de entre 20 y 100 nm, opcionalmente de entre 30 y 100 nm.

- 25 VII.B.4.b. Otro aspecto de la invención es un revestimiento lubricante depositado por PECVD de un gas de alimentación que comprende un siloxano monocíclico, un silazano monocíclico, un siloxano policíclico, un silazano policíclico o una combinación de dos o más de estos. El revestimiento tiene una concentración atómica de carbono, normalizada respecto al 100% de carbono, oxígeno y silicio, según se determina por espectroscopía fotoelectrónica de rayos X (XPS) mayor que la concentración atómica de carbono en la fórmula atómica para el gas de alimentación. Opcionalmente, el revestimiento cumple las limitaciones de las realizaciones VII.B.4.a o VII.B.4.b.
- 30

VII.B.4.b. Opcionalmente, la concentración atómica de carbono aumenta de un 1 a un 80 por ciento atómico (según el cálculo y basándose en las condiciones de XPS del Ejemplo 15), como alternativa de un 10 a un 70 por ciento atómico, como alternativa de un 20 a un 60 por ciento atómico, como alternativa de un 30 a un 50 por ciento atómico, como alternativa de un 35 a un 45 por ciento atómico, como alternativa de un 37 a un 41 por ciento atómico.

- 35 VII.B.4.b. Otro aspecto de la invención es un revestimiento lubricante depositado por PECVD de un gas de alimentación que comprende un siloxano monocíclico, un silazano monocíclico, un siloxano policíclico, un silazano policíclico o una combinación de dos o más de estos. El revestimiento tiene una concentración atómica de silicio, normalizada respecto al 100% de carbono, oxígeno y silicio, según se determina por espectroscopía fotoelectrónica de rayos X (XPS) menor que la concentración atómica de silicio en la fórmula atómica para el gas de alimentación. Opcionalmente, el revestimiento cumple las limitaciones de las realizaciones VII.B.4.a o VII.B.4.b.
- 40

VII.B.4.b. Opcionalmente, la concentración atómica de silicio disminuye de un 1 a un 80 por ciento atómico (según el cálculo y basándose en las condiciones de XPS del Ejemplo 15), como alternativa de un 10 a un 70 por ciento atómico, como alternativa de un 20 a un 60 por ciento atómico, como alternativa de un 30 a un 55 por ciento atómico, como alternativa de un 40 a un 50 por ciento atómico, como alternativa de un 42 a un 46 por ciento atómico.

- 45 VII.B.4.b. Los revestimientos lubricantes que tienen combinaciones de dos o más propiedades mencionadas en la Sección VII.B.4 también se contemplan expresamente.

VII.C. Recipientes en general

VII.C. Un recipiente o envase revestido, como se describe en la presente y/o se prepara de acuerdo con un método descrito en la presente, puede utilizarse para la recepción y/o almacenamiento y/o administración de un compuesto o composición. El compuesto o composición puede ser sensible, por ejemplo, sensible al aire, sensible al oxígeno, sensible a la humedad y/o sensible a las influencias mecánicas. Puede ser un compuesto o composición biológicamente activo, por ejemplo, un

50

- 5 medicamento como la insulina o una composición que comprende insulina. En otro aspecto, puede ser un fluido biológico, preferentemente un fluido corporal, por ejemplo, sangre o una fracción de la sangre. En ciertos aspectos de la presente invención, el compuesto o composición es un producto que debe administrarse a un sujeto que lo necesita, por ejemplo, un producto que debe inyectarse, como la sangre (como en la transfusión de sangre de un donante a un receptor o la reintroducción de sangre de un paciente en el mismo paciente) o insulina.
- 10 VII.C. Un recipiente o envase revestido, como se describe en la presente y/o se prepara de acuerdo con un método descrito en la presente, también puede utilizarse para proteger un compuesto o composición contenido en su espacio interior contra los efectos mecánicos y/o químicos de la superficie del material sin revestir. Por ejemplo, puede utilizarse para evitar o reducir la precipitación y/o coagulación o activación plaquetaria del compuesto o un componente de la composición, por ejemplo, la precipitación de insulina o coagulación de sangre o activación plaquetaria.
- 15 VII.C. También puede utilizarse para proteger un compuesto o composición contenido en su interior contra el entorno exterior del recipiente, por ejemplo, evitando o reduciendo la entrada de uno o más compuestos del entorno que rodea el recipiente en el espacio interior del recipiente. Dicho compuesto ambiental puede ser un gas o un líquido, por ejemplo, un gas atmosférico o líquido que contiene oxígeno, aire y/o vapor de agua.
- 20 VII.C. Un recipiente revestido, como se describe en la presente, también puede estar al vacío y almacenarse en un estado al vacío. Por ejemplo, el revestimiento permite un mejor mantenimiento del vacío, en comparación con un recipiente sin revestir correspondiente. En un aspecto de esta realización, el recipiente revestido es un tubo de extracción de sangre. Dicho tubo también puede contener un agente para evitar la coagulación de la sangre o activación plaquetaria, por ejemplo EDTA o heparina.
- 25 VII.C. Cualquiera de las realizaciones descritas anteriormente se puede preparar, por ejemplo, proporcionando como recipiente un tubo con una longitud de aproximadamente 1 cm a aproximadamente 200 cm, opcionalmente de aproximadamente 1 cm a aproximadamente 150 cm, opcionalmente de aproximadamente 1 cm a aproximadamente 120 cm, opcionalmente de aproximadamente 1 cm a aproximadamente 100 cm, opcionalmente de aproximadamente 1 cm a aproximadamente 80 cm, opcionalmente de aproximadamente 1 cm a aproximadamente 60 cm, opcionalmente de aproximadamente 1 cm a aproximadamente 40 cm, opcionalmente de aproximadamente 1 cm a aproximadamente 30 cm, y procesándolo con un electrodo de sonda como se describe más adelante. Particularmente para las longitudes mayores en los rangos anteriores, se contempla que el movimiento relativo entre la sonda y el recipiente pueda ser útil durante la formación del revestimiento. Esto puede realizarse, por ejemplo, moviendo el recipiente con respecto a la sonda o moviendo la sonda con respecto al recipiente.
- 30 VII.C. En estas realizaciones, se contempla que el revestimiento pueda ser más fino o menos completo de lo que puede preferirse para un revestimiento de barrera, dado que el recipiente en algunas realizaciones no requerirá de la alta integridad de barrera de un tubo de extracción de sangre al vacío.
- VII.C. Como una característica opcional de cualquiera de las realizaciones anteriores, el recipiente tiene un eje central.
- 35 VII.C. Como una característica opcional de cualquiera de las realizaciones anteriores, la pared del recipiente es lo suficientemente flexible para flexionarse al menos una vez a 20 °C, sin romper la pared, en un rango de al menos sustancialmente recto a un radio de curvatura en el eje central no superior a 100 veces la longitud del diámetro externo del recipiente.
- 40 VII.C. Como una característica opcional de cualquiera de las realizaciones anteriores, el radio de curvatura en el eje central no es superior a 90 veces la longitud o no es superior a 80 veces la longitud o no es superior a 70 veces la longitud o no es superior a 60 veces la longitud o no es superior a 50 veces la longitud o no es superior a 40 veces la longitud o no es superior a 30 veces la longitud o no es superior a 20 veces la longitud o no es superior a 10 veces la longitud o no es superior a 9 veces la longitud o no es superior a 8 veces la longitud o no es superior a 7 veces la longitud o no es superior a 6 veces la longitud o no es superior a 5 veces la longitud o no es superior a 4 veces la longitud o no es superior a 3 veces la longitud o no es superior a 2 veces la longitud o no es superior al diámetro externo del recipiente.
- 45 VII.C. Como una característica opcional de cualquiera de las realizaciones anteriores, la pared del recipiente puede ser una superficie que está en contacto con fluidos hecha de un material flexible.
- VII.C. Como una característica opcional de cualquiera de las realizaciones anteriores, la cavidad del recipiente puede ser el paso del fluido del flujo de una bomba.
- 50 VII.C. Como una característica opcional de cualquiera de las realizaciones anteriores, el recipiente puede ser una bolsa de sangre adaptada para mantener sangre en buenas condiciones para uso médico.

VII.C., VII.D. Como una característica adicional de cualquiera de las realizaciones anteriores, el material polimérico puede ser un elastómero de silicona o un poliuretano termoplástico, como dos ejemplos, o cualquier material adecuado para el contacto con la sangre o con insulina.

VII.C., VII.D. En una realización opcional, el recipiente tiene un diámetro interno de al menos 2 mm o al menos 4 mm.

5 VII.C. Como una característica opcional de cualquiera de las realizaciones anteriores, el recipiente es un tubo.

VII.C. Como una característica opcional de cualquiera de las realizaciones anteriores, la cavidad tiene al menos dos extremos abiertos.

VII.C.1. Recipiente que contiene sangre viable con un revestimiento depositado de un precursor organosilícico

10 VII.C.1. Otra realización adicional es un recipiente que contiene sangre. Varios ejemplos no taxativos de dicho recipiente son una bolsa de transfusión de sangre, un recipiente de recogida de muestras de sangre en el cual la muestra ha sido recogida, los tubos de una máquina de corazón-pulmón, una bolsa de recogida de sangre de pared flexible, o tubos utilizados para recoger la sangre de un paciente durante la cirugía y reintroducir la sangre en la vasculatura del paciente. Si el recipiente incluye una bomba para bombear sangre, una bomba particularmente adecuada es una bomba centrífuga o una bomba peristáltica. El recipiente tiene una pared. La pared tiene una superficie interna que define una cavidad. La superficie interna de la pared tiene un revestimiento al menos parcial de $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$, donde preferentemente w es 1, x es de aproximadamente 0.5 a 2.4, y z es de 2 a aproximadamente 9, más preferentemente donde w es 1, x es de aproximadamente 0.5 a 1, y z es de 2 a aproximadamente 3, y z es de 6 a aproximadamente 9. El revestimiento puede ser fino con un espesor monomolecular o con un espesor de aproximadamente 1000 nm. El recipiente contiene en su cavidad sangre viable que está en contacto con el revestimiento de $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$, la cual se puede devolver al sistema vascular de un paciente.

15
20
25 VII.C.1. Una realización es un recipiente que contiene sangre, que incluye una pared y que tiene una superficie interna que define una cavidad. La superficie interna tiene un revestimiento al menos parcial de $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$. El revestimiento también puede comprender o consistir esencialmente en SiO_x , donde x es como se define en la presente descripción. El espesor del revestimiento está comprendido en el rango de espesor monomolecular a aproximadamente 1000 nm de espesor sobre la superficie interna. El recipiente contiene en su cavidad sangre viable que está en contacto con el revestimiento de $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$, la cual se puede devolver al sistema vascular de un paciente.

VII.C.2. Revestimiento depositado de un precursor organosilícico que reduce la coagulación o la activación plaquetaria de sangre en el recipiente

30 VII.C.2. Otra realización es un recipiente que tiene una pared. La pared tiene una superficie interna que define una cavidad y tiene al menos un revestimiento al menos parcial de $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$, donde preferentemente w , x , y z son como se definieron previamente: w es 1, x es de aproximadamente 0.5 a aproximadamente 2.4, y z es de aproximadamente 0.6 a aproximadamente 3, y z es de 2 a aproximadamente 9, más preferentemente donde w es 1, x es de aproximadamente 0.5 a 1, y z es de 6 a aproximadamente 9. El espesor del revestimiento es de un espesor monomolecular a aproximadamente 1000 nm de espesor sobre la superficie interna. El revestimiento reduce de forma efectiva la coagulación o la activación plaquetaria de la sangre expuesta a la superficie interna, en comparación con el mismo tipo de pared sin revestir con $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$.

35
40 VII.C.2. Se contempla que la incorporación de un revestimiento de $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$ reducirá la adhesión o la tendencia a formar coágulos de la sangre, en comparación con sus propiedades en contacto con una superficie polimérica o de SiO_x no modificada. Se contempla que esta propiedad reduzca o elimine potencialmente la necesidad de tratar la sangre con heparina, como reduciendo la concentración en sangre necesaria de heparina en un paciente sometido a cirugía de un tipo que requiere que se extraiga y posteriormente se devuelva sangre del paciente, como cuando se utiliza una máquina de corazón-pulmón durante la cirugía cardíaca. Se contempla que esto reducirá las complicaciones de la cirugía que impliquen el paso de sangre a través de dicho recipiente, reduciendo las complicaciones debidas a hemorragias que resulten del uso de heparina.

45 VII.C.2. Otra realización es un recipiente que incluye una pared y que tiene una superficie interna que define una cavidad. La superficie interna tiene un revestimiento al menos parcial de $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$, siendo el espesor de dicho revestimiento de espesor monomolecular a aproximadamente 1000 nm de espesor sobre la superficie interna, siendo efectivo el revestimiento para reducir la coagulación o activación plaquetaria de sangre expuesta a la superficie interna.

VII.C.3. Recipiente que contiene sangre viable con un revestimiento de un elemento del grupo III o IV

50 VII.C.3. Otra realización es un recipiente que contiene sangre y que tiene una pared con una superficie interna que define una cavidad. La superficie interna tiene un revestimiento al menos parcial de una composición que comprende uno o más

elementos del grupo III, uno o más elementos del grupo IV, o una combinación de dos o más de estos. El espesor del revestimiento está entre un espesor monomolecular y aproximadamente 1000 nm de espesor, inclusive, sobre la superficie interna. El recipiente contiene en su cavidad sangre viable que está en contacto con el revestimiento, la cual se puede devolver al sistema vascular de un paciente.

5 **VII.C.4. Revestimiento de un elemento del grupo III o IV que reduce la coagulación o la activación plaquetaria de sangre en el recipiente**

VII.C.4. Opcionalmente, en el recipiente del párrafo anterior, el revestimiento del elemento del grupo III o IV reduce de forma efectiva la coagulación o la activación plaquetaria de la sangre expuesta a la superficie interna de la pared del recipiente.

10 **VII.D. Recipientes de administración farmacéutica**

VII.D. Un recipiente o envase revestido, como se describe en la presente, puede utilizarse para evitar o reducir el escape de un compuesto o composición contenida en dicho recipiente hacia el entorno que rodea al recipiente.

También se contemplan otros usos del revestimiento y del recipiente, como se describe en la presente, que resultan evidentes en vista de cualquier parte de la descripción y reivindicaciones.

15 VII.D.1. Recipiente que contiene insulina con un revestimiento depositado de un precursor organosilícico

VII.D.1. Otra realización es un recipiente que contiene insulina y que incluye una pared con una superficie interna que define una cavidad. La superficie interna tiene al menos un revestimiento parcial de $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$, preferentemente donde w , x , y y z son como se definieron previamente: w es 1, x es de aproximadamente 0.5 a 2.4, y es de aproximadamente 0.6 a aproximadamente 3, y z es de 2 a aproximadamente 9, más preferentemente donde w es 1, x es de aproximadamente 0.5 a 1, y es de aproximadamente 2 a aproximadamente 3, y z es de 6 a aproximadamente 9. El revestimiento puede tener un espesor comprendido en el rango de espesor monomolecular a aproximadamente 1000 nm de espesor sobre la superficie interna. La insulina se dispone dentro de la cavidad en contacto con el revestimiento de $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$.

25 VII.D.1. Otra realización es un recipiente que contiene insulina que incluye una pared y que tiene una superficie interna que define una cavidad. La superficie interna tiene un revestimiento al menos parcial de $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$, siendo el espesor del revestimiento de espesor monomolecular a aproximadamente 1000 nm de espesor sobre la superficie interna. La insulina, por ejemplo, insulina farmacéutica autorizada por la FDA para uso humano, se dispone dentro de la cavidad en contacto con el revestimiento de $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$.

30 VII.D.1. Se contempla que la incorporación de un revestimiento de $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$ reducirá la adhesión o la tendencia a formar precipitados de la insulina en un tubo de administración de una bomba de insulina, en comparación con sus propiedades en contacto con una superficie polimérica sin modificar. Se contempla que esta propiedad reduce o elimina potencialmente la necesidad de filtrar la insulina que pasa a través del tubo de administración para retirar un precipitado sólido.

VII.D.2. Revestimiento depositado de un precursor organosilícico que reduce la precipitación de la insulina en el recipiente

35 VII.D.2. Opcionalmente, en el recipiente del párrafo anterior, el revestimiento de $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$ reduce de forma efectiva la formación de un precipitado con la insulina que está en contacto con la superficie interna, en comparación con la misma superficie sin el revestimiento de $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$.

40 VII.D.2. Otra realización es un recipiente que nuevamente comprende una pared y que tiene una superficie interna que define una cavidad. La superficie interna incluye al menos un revestimiento parcial de $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$. El espesor del revestimiento está comprendido en el rango de espesor monomolecular a aproximadamente 1000 nm de espesor sobre la superficie interna. El revestimiento reduce de forma efectiva la formación de un precipitado con la insulina que está en contacto con la superficie interna.

VII.D.3. Recipiente que contiene insulina con un revestimiento de un elemento del grupo III o IV

45 VII.D.3. Otra realización es un recipiente que contiene insulina y que incluye una pared con una superficie interna que define una cavidad. La superficie interna tiene un revestimiento al menos parcial de una composición que comprende carbono, uno o más elementos del grupo III, uno o más elementos del grupo IV, o una combinación de dos o más de estos. El revestimiento puede tener un espesor comprendido en el rango de espesor monomolecular a aproximadamente 1000 nm de espesor sobre la superficie interna. La insulina se dispone dentro de la cavidad en contacto con el revestimiento.

VII.D.4. Revestimiento de un elemento del grupo III o IV que reduce la precipitación de la insulina en el recipiente

VII.D.4. Opcionalmente, en el recipiente del párrafo anterior, el revestimiento de una composición, que comprende carbono, uno o más elementos del grupo III, uno o más elementos del grupo IV, o una combinación de dos o más de estos, reduce de forma efectiva la formación de un precipitado con la insulina que está en contacto con la superficie interna, en comparación con la misma superficie sin el revestimiento.

5 Ejemplos prácticos

Ejemplo 0: Protocolos básicos para la formación y el revestimiento de tubos y cilindros de jeringa

Los recipientes evaluados en los ejemplos prácticos posteriores se formaron y se revistieron de acuerdo con los siguientes ejemplos de protocolos, salvo que se indique lo contrario en ejemplos individuales. Los valores de parámetros particulares indicados en los siguientes protocolos básicos, por ejemplo, la potencia eléctrica y el flujo de gas del proceso, son valores típicos. Siempre que se cambien valores de parámetros en comparación con estos valores típicos, esto se indicará en los ejemplos prácticos posteriores. Lo mismo se aplica al tipo y a la composición del gas del proceso.

Protocolo para formar un tubo de COC (utilizado, por ejemplo, en los Ejemplos 1, 19)

Se moldearon por inyección tubos de copolímero cicloolefínico (COC) con la forma y el tamaño utilizados habitualmente como tubos de extracción de sangre al vacío ("tubos de COC") a partir de una resina de copolímero cicloolefínico (COC) Topas® 8007-04, comercializada por Hoechst AG, Frankfurt am Main, Alemania, que tiene estas dimensiones: 75 mm de longitud, 13 mm de diámetro externo y 0.85 mm de espesor de pared, teniendo cada uno un volumen de aproximadamente 7.25 cm³ y un extremo redondeado cerrado.

Protocolo para formar un tubo de PET (utilizado, por ejemplo, en los Ejemplos 2, 4, 8, 9, 10)

Se moldearon por inyección tubos de tereftalato de polietileno (PET) del tipo utilizado habitualmente como tubos de extracción de sangre al vacío ("tubos de PET") en el mismo molde utilizado para el protocolo para formar un tubo de COC, que tiene estas dimensiones: 75 mm de longitud, 13 mm de diámetro externo y 0.85 mm de espesor de pared, teniendo cada uno un volumen de aproximadamente 7.25 cm³ y un extremo redondeado cerrado.

Protocolo para revestir el interior de tubos con SiO_x (utilizado, p. ej., en los Ejemplos 1, 2, 4, 8, 9, 10, 18, 19)

Se utilizó el aparato que se muestra en la FIG. 2 con el mecanismo de sellado de la FIG. 45 que es una realización contemplada específica. El soporte de recipientes 50 se hizo con resina de acetal Delrin®, comercializada por E.I. du Pont de Nemours and Co., Wilmington Delaware, Estados Unidos, con un diámetro externo de 1.75 pulgadas (44 mm) y una altura de 1.75 pulgadas (44 mm). El soporte de recipientes 50 se almacenó en una estructura Delrin® que permitió que el dispositivo se moviera dentro y fuera del electrodo (160).

El electrodo 160 se hizo con cobre con una protección Delrin®. La protección Delrin® se conformó alrededor del exterior del electrodo de cobre 160. El electrodo 160 medía aproximadamente 3 pulgadas (76 mm) de alto por dentro y aproximadamente 0.75 pulgadas (19 mm) de ancho.

El tubo utilizado como recipiente 80 se insertó en el soporte de recipientes 50 sellando la base con juntas tóricas Viton® 490, 504 (Viton® es una marca registrada de Dupont Performance Elastomers LLC, Wilmington Delaware, Estados Unidos) alrededor del exterior del tubo (FIG. 45). El tubo 80 se movió cuidadosamente en la posición de sellado sobre la sonda de bronce extendida (fija) con un diámetro de 1/8 pulgadas (3 mm) o contraelectrodo 108 y se impulsó contra una pantalla de plasma de cobre.

La pantalla de plasma de cobre 610 era un material de lámina de cobre perforado (K&S Engineering, Chicago Illinois, Estados Unidos, malla de cobre Parte N.º LXMUW5) cortado para ajustarse al diámetro externo del tubo y se mantuvo en posición mediante una superficie de tope 494 que se extendía radialmente y que actuaba como traba para la inserción del tubo (remítase a la FIG. 45). Se ajustaron bien dos piezas de malla de cobre alrededor de la sonda de bronce o contraelectrodo 108, garantizando un buen contacto eléctrico.

La sonda de bronce o contraelectrodo 108 se extendía aproximadamente 70 mm en el interior del tubo y tenía un arreglo de alambre N.º 80 (diámetro = 0.0135 pulgadas o 0.343 mm). La sonda de bronce o contraelectrodo 108 se extendía a través de un conector Swagelok® (comercializado por Swagelok Co., Solon Ohio, Estados Unidos) ubicado en el fondo del soporte de recipientes 50, extendiéndose a través de la estructura base del soporte de recipientes 50. La sonda de bronce o contraelectrodo 108 estaba conectada a tierra en la cubierta de la red de adaptación RF.

El puerto de suministro de gas 110 consistía en 12 agujeros en la sonda o contraelectrodo 108 a lo largo de la longitud del tubo (tres en cada uno de los cuatro lados orientados a 90 grados uno respecto de otro) y dos agujeros en la tapa de aluminio que tapaba el extremo del puerto de suministro de gas 110. El puerto de suministro de gas 110 se conectó a un montaje de acero inoxidable que comprendía conectores Swagelok® que incorporaban una válvula de bola manual para

ventilar, un manómetro de termopar y una válvula de desvío conectada a la línea de bombeo de vacío. Además, el sistema de gas se conectó al puerto de suministro de gas 110 permitiendo que los gases del proceso, oxígeno y hexametildisiloxano (HMDSO) fluyeran a través del puerto de suministro de gas 110 (en presiones de proceso) hacia el interior del tubo.

5 El sistema de gas comprendía un medidor de flujo másico Aalborg® GFC17 (Parte N.º EW-32661-34, Cole-Parmer Instrument Co., Barrington Illinois, Estados Unidos) para que el oxígeno fluyera de forma controlada a 90 sccm (o al flujo específico indicado para un ejemplo en particular) en el proceso y un capilar de poliéter éter cetona ("PEEK") (diámetro externo, "OD" 1/16 pulgadas (1.5 mm), diámetro interno "ID" 0.004 pulgadas (0.1 mm)) de 49.5 pulgadas (1.26 m) de longitud. El extremo capilar PEEK se insertó en hexametildisiloxano líquido ("HMDSO," Alfa Aesar® Parte número L16970, Grado NMR, comercializado por Johnson Matthey PLC, Londres). El HMDSO líquido se extrajo a través del capilar debido a
10 la presión más baja en el tubo durante el procesamiento. El HMDSO se vaporizó posteriormente en un vapor a la salida del capilar a medida que entraba a la región de baja presión.

Para garantizar que la condensación del HMDSO líquido no pasara de este punto, la corriente de gas (incluido el oxígeno) se desvió hacia la línea de bombeo cuando no estaba fluyendo hacia el interior del tubo para el procesamiento por medio de una válvula de 3 vías Swagelok®. Una vez que se instaló el tubo, la válvula de la bomba de vacío se abrió al soporte de recipientes 50 y al interior del tubo.
15

El sistema de bomba de vacío comprendía una bomba de vacío rotativa de paletas y un fuelle Alcatel. El sistema de bombeo permitió reducir la presión en el interior del tubo a presión(es) menor(es) de 200 mTorr mientras los gases de proceso fluían en las tasas indicadas.

Una vez que se alcanzó el nivel de vacío base, el montaje del soporte de recipientes 50 se desplazó al montaje del electrodo 160. La corriente de gas (oxígeno y vapor de HMDSO) se hizo fluir en el puerto de suministro de gas de cobre 110 (ajustando la válvula de 3 vías de la línea de bombeo al puerto de suministro de gas 110). La presión dentro del tubo fue de aproximadamente 300 mTorr, según se midió mediante un manómetro de capacitancia (MKS) instalado en la línea de bombeo cerca de la válvula que controlaba el vacío. Además de la presión del tubo, también se midió la presión dentro del puerto de suministro de gas 110 y sistema de gas con el vacuómetro de termopar conectado al sistema de gas. La presión solía ser menor de 8 Torr.
20

Una vez que el gas fluía hacia el interior del tubo, se encendió la fuente de alimentación de RF en su nivel de potencia fijo. Se usó una fuente de alimentación de RF de 600 vatios ENI ACG-6 (a 13.56 MHz) en un nivel de potencia fijo de aproximadamente 50 vatios. Se calibró la potencia de salida en este y todos los protocolos y ejemplos siguientes utilizando un medidor de vatios de RF, modelo 43 de Bird Corporation, conectado con la salida de RF de la fuente de alimentación durante la operación del aparato de revestimiento. Se encontró la siguiente relación entre la configuración del dial de la fuente de alimentación y la potencia de salida: Potencia de RF de salida = 55 x Configuración del dial. En las solicitudes previas a la presente solicitud, se utilizó un factor 100, que era incorrecto. La fuente de alimentación de RF se conectó a un ajuste automático COMDEL CPMX1000 que ajustó la impedancia compleja del plasma (que debía ser creado en el tubo) a la impedancia de salida de 50 ohm de la fuente de alimentación ENI ACG-6 RF. La potencia transmitida era de 50 vatios (o la cantidad específica indicada para un ejemplo particular) y la potencia reflejada era de 0 vatios de forma que la potencia aplicada se suministró al interior del tubo. La fuente de alimentación de RF fue controlada por un temporizador de laboratorio y la potencia respecto al tiempo se fijó en 5 segundos (o el período de tiempo específico indicado para un ejemplo particular). Tras iniciar la potencia de RF, se estableció un plasma uniforme dentro del interior del tubo. El plasma se mantuvo durante los 5 segundos completos hasta que la potencia de RF fue cortada por el temporizador. El plasma produjo un revestimiento de óxido de silicio de aproximadamente 20 nm de espesor (o el espesor específico indicado en un ejemplo particular) sobre el interior de la superficie del tubo.
30

Después del revestimiento, el flujo de gas se desvió nuevamente hacia la línea de vacío y la válvula de vacío se cerró. A continuación se abrió la válvula de ventilación haciendo que la presión del interior del tubo volviera a ser la presión atmosférica (aproximadamente 760 Torr). El tubo se retiró cuidadosamente del montaje del soporte de recipientes 50 (después de desplazar el montaje del soporte de recipientes 50 fuera del montaje del electrodo 160).
35

Protocolo para revestir el interior del tubo con un revestimiento hidrófobo (utilizado, p. ej., en el Ejemplo 9)

Se utilizó el aparato que se muestra en la FIG. 2 con el mecanismo de sellado de la FIG. 45 que es una realización contemplada específica. El soporte de recipientes 50 se hizo con resina de acetal Delrin®, comercializada por E.I. du Pont de Nemours and Co., Wilmington Delaware, Estados Unidos, con un diámetro externo de 1.75 pulgadas (44 mm) y una altura de 1.75 pulgadas (44 mm). El soporte de recipientes 50 se almacenó en una estructura Delrin® que permitió que el dispositivo se moviera dentro y fuera del electrodo (160).
40

El electrodo 160 se hizo con cobre con una protección Delrin®. La protección Delrin® se conformó alrededor del exterior del electrodo de cobre 160. El electrodo 160 medía aproximadamente 3 pulgadas (76 mm) de alto por dentro y aproximadamente 0.75 pulgadas (19 mm) de ancho.

5 El tubo utilizado como recipiente 80 se insertó en el soporte de recipientes 50 sellando la base con juntas tóricas Viton® 490, 504 (Viton® es una marca registrada de Dupont Performance Elastomers LLC, Wilmington Delaware, Estados Unidos) alrededor del exterior del tubo (FIG. 45). El tubo 80 se movió cuidadosamente en la posición de sellado sobre la sonda de bronce extendida (fija) con un diámetro de 1/8 pulgadas (3 mm) o contraelectrodo 108 y se impulsó contra una pantalla de plasma de cobre.

10 La pantalla de plasma de cobre 610 era un material de lámina de cobre perforado (K&S Engineering, Chicago Illinois, Estados Unidos, malla de cobre Parte N.º LXMUW5) cortado para ajustarse al diámetro externo del tubo y se mantuvo en posición mediante una superficie de tope 494 que se extendía radialmente y que actuaba como traba para la inserción del tubo (remítase a la FIG. 45). Se ajustaron bien dos piezas de malla de cobre alrededor de la sonda de bronce o contraelectrodo 108, garantizando un buen contacto eléctrico.

15 La sonda de bronce o contraelectrodo 108 se extendía aproximadamente 70 mm en el interior del tubo y tenía un arreglo de alambre N.º 80 (diámetro = 0.0135 pulgadas o 0.343 mm). La sonda de bronce o contraelectrodo 108 se extendía a través de un conector Swagelok® (comercializado por Swagelok Co., Solon Ohio, Estados Unidos) ubicado en el fondo del soporte de recipientes 50, extendiéndose a través de la estructura base del soporte de recipientes 50. La sonda de bronce o contraelectrodo 108 estaba conectada a tierra en la cubierta de la red de adaptación RF.

20 El puerto de suministro de gas 110 consistía en 12 agujeros en la sonda o contraelectrodo 108 a lo largo de la longitud del tubo (tres en cada uno de los cuatro lados orientados a 90 grados uno respecto de otro) y dos agujeros en la tapa de aluminio que tapaba el extremo del puerto de suministro de gas 110. El puerto de suministro de gas 110 se conectó a un montaje de acero inoxidable que comprendía conectores Swagelok® que incorporaban una válvula de bola manual para ventilar, un manómetro de termopar y una válvula de desvío conectada a la línea de bombeo de vacío. Además, el sistema de gas se conectó al puerto de suministro de gas 110 permitiendo que los gases del proceso, oxígeno y hexametildisiloxano (HMDSO) fluyeran a través del puerto de suministro de gas 110 (en presiones de proceso) hacia el interior del tubo.

25 El sistema de gas comprendía un medidor de flujo másico Aalborg® GFC17 (Parte N.º EW-32661-34, Cole-Parmer Instrument Co., Barrington Illinois, Estados Unidos) para que el oxígeno fluyera de forma controlada a 60 sccm (o al flujo específico indicado para un ejemplo en particular) en el proceso y un capilar de poliéter éter cetona ("PEEK") (diámetro externo, "OD" 1/16 pulgadas (1.5 mm), diámetro interno "ID" 0.004 pulgadas (0.1 mm)) de 49.5 pulgadas (1.26 m) de longitud. El extremo capilar PEEK se insertó en hexametildisiloxano líquido ("HMDSO," Alfa Aesar® Parte número L16970, Grado NMR, comercializado por Johnson Matthey PLC, Londres). El HMDSO líquido se extrajo a través del capilar debido a la presión más baja en el tubo durante el procesamiento. El HMDSO se vaporizó posteriormente en un vapor a la salida del capilar a medida que entraba a la región de baja presión.

30 Para garantizar que la condensación del HMDSO líquido no pasara de este punto, la corriente de gas (incluido el oxígeno) se desvió hacia la línea de bombeo cuando no estaba fluyendo hacia el interior del tubo para el procesamiento por medio de una válvula de 3 vías Swagelok®. Una vez que se instaló el tubo, la válvula de la bomba de vacío se abrió al soporte de recipientes 50 y al interior del tubo.

35 El sistema de bomba de vacío comprendía una bomba de vacío rotativa de paletas y un fuelle Alcatel. El sistema de bombeo permitió reducir la presión en el interior del tubo a presión(es) menor(es) de 200 mTorr mientras los gases de proceso fluían en las tasas indicadas.

40 Una vez que se alcanzó el nivel de vacío base, el montaje del soporte de recipientes 50 se desplazó al montaje del electrodo 160. La corriente de gas (oxígeno y vapor de HMDSO) se hizo fluir en el puerto de suministro de gas de cobre 110 (ajustando la válvula de 3 vías de la línea de bombeo al puerto de suministro de gas 110). La presión dentro del tubo fue de aproximadamente 270 mTorr, según se midió mediante un manómetro de capacitancia (MKS) instalado en la línea de bombeo cerca de la válvula que controlaba el vacío. Además de la presión del tubo, también se midió la presión dentro del puerto de suministro de gas 110 y sistema de gas con el vacuómetro de termopar conectado al sistema de gas. La presión solía ser menor de 8 Torr.

45 Una vez que el gas fluía hacia el interior del tubo, se encendió la fuente de alimentación de RF en su nivel de potencia fijo. Se usó una fuente de alimentación de RF de 600 vatios ENI ACG-6 (a 13.56 MHz) en un nivel de potencia fijo de aproximadamente 39 vatios. La fuente de alimentación de RF se conectó a un ajuste automático COMDEL CPMX1000 que ajustó la impedancia compleja del plasma (que debía ser creado en el tubo) a la impedancia de salida de 50 ohm de la fuente de alimentación ENI ACG-6 RF. La potencia transmitida era de 39 vatios (o la cantidad específica indicada para un ejemplo particular) y la potencia reflejada era de 0 vatios de forma que la potencia aplicada se suministró al interior del tubo. 50 La fuente de alimentación de RF fue controlada por un temporizador de laboratorio y la potencia respecto al tiempo se fijó en 7 segundos (o el período de tiempo específico indicado para un ejemplo particular). Tras iniciar la potencia de RF, se estableció un plasma uniforme dentro del interior del tubo. El plasma se mantuvo durante los 7 segundos completos hasta que la potencia de RF fue interrumpida por el temporizador. El plasma produjo un revestimiento de óxido de silicio de

aproximadamente 20 nm de espesor (o el espesor específico indicado en un ejemplo particular) sobre el interior de la superficie del tubo.

Después del revestimiento, el flujo de gas se desvió nuevamente hacia la línea de vacío y la válvula de vacío se cerró. A continuación se abrió la válvula de ventilación haciendo que la presión del interior del tubo volviera a ser la presión atmosférica (aproximadamente 760 Torr). El tubo se retiró cuidadosamente del montaje del soporte de recipientes 50 (después de desplazar el montaje del soporte de recipientes 50 fuera del montaje del electrodo 160).

Protocolo para formar un cilindro de jeringa de COC (utilizado, por ejemplo, en los Ejemplos 3, 5, 11-18, 20)

Se moldearon por inyección cilindros de jeringa ("cilindros de jeringa de COC"), CV Holdings Parte 11447, cada uno con un volumen total de 2.8 mL (excluyendo el conector de tipo Luer) y un volumen de suministro nominal de 1 mL o desplazamiento del émbolo, de tipo adaptador de Luer, a partir de una resina de copolímero cicloolefínico (COC) Topas® 8007-04, comercializada por Hoechst AG, Frankfurt am Main, Alemania, que tiene estas dimensiones: aproximadamente 51 mm de longitud total, 8.6 mm de diámetro interno del cilindro de jeringa y 1.27 mm de espesor de pared en la porción cilíndrica, con un adaptador de tipo Luer capilar para agujas integral con una longitud de 9.5 milímetros moldeado en uno de los extremos y dos abrazaderas de sujeción moldeadas cerca del otro extremo.

Protocolo para revestir el interior de un cilindro de jeringa de COC con SiO_x (utilizado, p. ej., en los Ejemplos 3, 5, 18)

Un cilindro de jeringa de COC moldeado por inyección se revistió en su interior con SiO_x. El aparato que se muestra en la FIG. 2 con el mecanismo de sellado de la FIG. 45 se modificó para soportar un cilindro de jeringa de COC con un sello a tope en la base del cilindro de jeringa de COC. Adicionalmente se fabricó una tapa a partir de un conector de tipo Luer de acero inoxidable y una tapa de polipropileno que sellaba el extremo del cilindro de jeringa de COC (ilustrado en la FIG. 26), permitiendo que se creara el vacío en el cilindro de jeringa de COC.

El soporte de recipientes 50 se hizo con Delrin® con un diámetro externo de 1.75 pulgadas (44 mm) y una altura de 1.75 pulgadas (44 mm). El soporte de recipientes 50 se alojó en una estructura Delrin® que permitía que el dispositivo se moviera hacia afuera y hacia adentro del electrodo 160.

El electrodo 160 se hizo con cobre con una protección Delrin®. La protección Delrin® se conformó alrededor del exterior del electrodo de cobre 160. El electrodo 160 medía aproximadamente 3 pulgadas (76 mm) de alto por dentro y aproximadamente 0.75 pulgadas (19 mm) de ancho. El cilindro de jeringa de COC se insertó en el soporte de recipientes 50, sellando la base con juntas tóricas Viton®.

El cilindro de jeringa de COC se movió cuidadosamente hasta la posición de sellado sobre la sonda de bronce de 1/8 pulgadas de diámetro (3 mm) (fija) extendida o contraelectrodo 108 y se empujó contra una pantalla de plasma de cobre. La pantalla de plasma de cobre era un material de lámina de cobre perforado (K&S Engineering, malla de cobre Parte N.º LXMUW5) cortado para ajustarse al diámetro externo del cilindro de jeringa de COC y se mantuvo en posición mediante una superficie de tope 494 que actuaba como traba para la inserción del cilindro de jeringa de COC. Se ajustaron bien dos piezas de malla de cobre alrededor de la sonda de bronce o contraelectrodo 108 asegurando un buen contacto eléctrico.

La sonda o contraelectrodo 108 se extendía aproximadamente 20 mm en el interior del cilindro de jeringa de COC y estaba abierto en su extremo. La sonda de bronce o contraelectrodo 108 se extendía a través de un conector Swagelok® ubicado en el fondo del soporte de recipientes 50, extendiéndose a través de la estructura base del soporte de recipientes 50. La sonda de bronce o contraelectrodo 108 estaba conectada a tierra en la cubierta de la red de adaptación RF.

El puerto de suministro de gas 110 se conectó a un montaje de acero inoxidable que comprendía conectores Swagelok® que incorporaban una válvula de bola manual para ventilar, un manómetro de termopar y una válvula de desvío conectada a la línea de bombeo de vacío. Adicionalmente, el sistema de gas se conectó al puerto de suministro de gas 110 permitiendo que los gases de proceso, oxígeno y hexametildisiloxano (HMDSO) fluyeran a través del puerto de suministro de gas 110 (en presiones de proceso) hacia el interior del cilindro de jeringa de COC.

El sistema de gas comprendía un medidor de flujo másico Aalborg® GFC17 (Cole Parmer Parte N.º EW-32661-34) para que el oxígeno fluyera de forma controlada a 90 sccm (o al flujo específico indicado para un ejemplo en particular) en el proceso y un capilar PEEK (OD de 1/16 pulgadas (3 mm), ID de 0.004 pulgadas (0.1 mm)) de 49.5 pulgadas (1.26 m) de longitud. El extremo capilar PEEK se insertó en hexametildisiloxano líquido (Alfa Aesar® Parte Número L16970, Grado NMR). El HMDSO líquido se extrajo a través del capilar debido a la presión más baja en el cilindro de jeringa de COC durante el procesamiento. El HMDSO se vaporizó posteriormente en un vapor a la salida del capilar a medida que entraba a la región de baja presión.

Para garantizar que no tenga lugar la condensación del HMDSO líquido pasado este punto, la corriente de gas (incluido el oxígeno) se derivó a la línea de bombeo cuando no estaba fluyendo hacia el interior del cilindro de jeringa de COC para el procesamiento mediante una válvula de 3 vías Swagelok®.

5 Una vez instalado el cilindro de jeringa de COC, la válvula de bomba de vacío se abrió hacia el soporte de recipientes 50 y el interior del cilindro de jeringa de COC. El sistema de bomba de vacío comprendía una bomba de vacío rotativa de paletas y un fuelle Alcatel. El sistema de bombeo permitió reducir la presión en el interior del cilindro de jeringa de COC a presión(es) menor(es) de 150 mTorr mientras los gases de proceso fluían en las tasas indicadas. Con el cilindro de jeringa de COC se pudo alcanzar una presión de bombeo más baja a diferencia de con el tubo porque el cilindro de jeringa de COC tiene un volumen interno mucho más pequeño.

10 Una vez que se alcanzó el nivel de vacío base, el montaje del soporte de recipientes 50 se desplazó al montaje del electrodo 160. La corriente de gas (oxígeno y vapor de HMDSO) se hizo fluir en el puerto de suministro de gas de cobre 110 (ajustando la válvula de 3 vías de la línea de bombeo al puerto de suministro de gas 110). La presión dentro del cilindro de jeringa de COC era de aproximadamente 200 mTorr tal como se midió mediante un manómetro de capacitancia (MKS) instalado en la línea de bombeo cercana a la válvula que controlaba el vacío. Además de la presión del cilindro de jeringa de COC, también se midió la presión dentro del puerto de suministro de gas 110 y el sistema de gas con el vacuómetro de termopar que se conectó al sistema de gas. La presión solía ser menor de 8 Torr.

20 Cuando el gas fluía hacia el interior del cilindro de jeringa de COC, la fuente de alimentación de RF se encendió en su nivel de potencia fijo. Se usó una fuente de alimentación de RF de 600 vatios ENI ACG-6 (a 13.56 MHz) en un nivel de potencia fijo de aproximadamente 30 vatios. La fuente de alimentación de RF se conectó a un ajuste automático COMDEL CPMX1000 que ajustó la impedancia compleja del plasma (que debía ser creado en el cilindro de jeringa de COC) a la impedancia de salida de 50 ohm de la fuente de alimentación ENI ACG-6 RF. La potencia transmitida era de 30 vatios (o cualquier valor que se indique en un ejemplo práctico) y la potencia reflejada era de 0 vatios de forma que la potencia aplicada se suministró al interior del cilindro de jeringa de COC. La fuente de alimentación de RF fue controlada por un temporizador de laboratorio y la potencia respecto al tiempo se fijó en 5 segundos (o el período de tiempo específico indicado para un ejemplo particular).

30 Tras iniciar la potencia de RF, se estableció un plasma uniforme dentro del interior del cilindro de jeringa de COC. El plasma se mantuvo durante los 5 segundos totales (u otro tiempo de revestimiento indicado en un ejemplo específico) hasta que la potencia de RF fue interrumpida por el temporizador. El plasma produjo un revestimiento de óxido de silicio de aproximadamente 20 nm de espesor (o el espesor indicado en un ejemplo específico) en el interior de la superficie del cilindro de jeringa de COC.

Después del revestimiento, el flujo de gas se desvió nuevamente hacia la línea de vacío y la válvula de vacío se cerró. A continuación se abrió la válvula de ventilación y el interior del cilindro de jeringa de COC volvió a presión atmosférica (aproximadamente 760 Torr). Luego el cilindro de jeringa de COC se retiró cuidadosamente del montaje del soporte de recipientes 50 (después de mover el montaje del soporte de recipientes 50 fuera del montaje del electrodo 160).

35 **Protocolo para revestir el interior de un cilindro de jeringa de COC con un revestimiento lubricante de OMCTS (utilizado, por ejemplo, en los Ejemplos 11, 12, 15-18, 20)**

40 Los cilindros de jeringa de COC como los identificados anteriormente se revistieron en su interior con un revestimiento lubricante. El aparato que se muestra en la FIG. 2 con el mecanismo de sellado de la FIG. 45 se modificó para soportar un cilindro de jeringa de COC con un sello a tope en la base del cilindro de jeringa de COC. Adicionalmente se fabricó una tapa a partir de un conector de tipo Luer de acero inoxidable y una tapa de polipropileno que sellaba el extremo del cilindro de jeringa de COC (ilustrado en la FIG. 26). La instalación de una junta tórica Buna-N en el conector de tipo Luer permitió formar un sello hermético de vacío, permitiendo crear el vacío en el interior del cilindro de jeringa de COC.

45 El soporte de recipientes 50 se hizo con Delrin® con un diámetro externo de 1.75 pulgadas (44 mm) y una altura de 1.75 pulgadas (44 mm). El soporte de recipientes 50 se alojó en una estructura Delrin® que permitía que el dispositivo se moviera hacia afuera y hacia adentro del electrodo 160.

50 El electrodo 160 se hizo con cobre con una protección Delrin®. La protección Delrin® se conformó alrededor del exterior del electrodo de cobre 160. El electrodo 160 medía aproximadamente 3 pulgadas (76 mm) de alto por dentro y aproximadamente 0.75 pulgadas (19 mm) de ancho. El cilindro de jeringa de COC se insertó en el soporte de recipientes 50, sellando la base con juntas tóricas Viton® alrededor del fondo de las abrazaderas de sujeción y el borde del cilindro de jeringa de COC.

El cilindro de jeringa de COC se movió cuidadosamente hasta la posición de sellado sobre la sonda de bronce de 1/8 pulgadas de diámetro (3 mm) (fija) extendida o contraelectrodo 108 y se empujó contra una pantalla de plasma de cobre. La pantalla de plasma de cobre era un material de lámina de cobre perforado (K&S Engineering, malla de cobre Parte N.º

LXMUW5) cortado para ajustarse al diámetro externo del cilindro de jeringa de COC y se mantuvo en posición mediante una superficie de tope 494 que actuaba como traba para la inserción del cilindro de jeringa de COC. Se ajustaron bien dos piezas de malla de cobre alrededor de la sonda de bronce o contraelectrodo 108 asegurando un buen contacto eléctrico.

5 La sonda o contraelectrodo 108 se extendía aproximadamente 20mm (a menos que se indique lo contrario) en el interior del cilindro de jeringa de COC y estaba abierto en su extremo. La sonda de bronce o contraelectrodo 108 se extendía a través de un conector Swagelok® ubicado en el fondo del soporte de recipientes 50, extendiéndose a través de la estructura base del soporte de recipientes 50. La sonda de bronce o contraelectrodo 108 estaba conectada a tierra en la cubierta de la red de adaptación RF.

10 El puerto de suministro de gas 110 se conectó a un montaje de acero inoxidable que comprendía conectores Swagelok® que incorporaban una válvula de bola manual para ventilar, un manómetro de termopar y una válvula de desvío conectada a la línea de bombeo de vacío. Adicionalmente, el sistema de gas se conectó al puerto de suministro de gas 110 permitiendo que el gas de proceso, octametiliclotetrasiloxano (OMCTS) (o el gas de proceso específico indicado para un ejemplo en particular) fluyera a través del puerto de suministro de gas 110 (en presiones de proceso) hacia el interior del cilindro de jeringa de COC.

15 El sistema de gas comprendía un sistema de vaporización de flujo másico calentado OMCTS 10SC 4CR VC1310/SEF8240 comercializado por Horiba que calentaba el OMCTS hasta aproximadamente 100 °C. El sistema Horiba se conectó a octametiliclotetrasiloxano líquido (Alfa Aesar® Parte Número A12540, 98%) a través de un tubo PFA con diámetro externo de 1/8 pulgadas (3 mm) con un diámetro interno de 1/16 pulgadas (1,5 mm). La tasa de flujo de OMCTS se fijó en 1.25 sccm (o el flujo de precursor organosilícico específico indicado para un ejemplo particular). Para garantizar que no tenga
20 lugar la condensación del flujo de OMCTS vaporizado pasado este punto, la corriente de gas se derivó a la línea de bombeo cuando no estaba fluyendo hacia el interior del cilindro de jeringa de COC para el procesamiento mediante una válvula de 3 vías Swagelok®.

25 Una vez instalado el cilindro de jeringa de COC, la válvula de bomba de vacío se abrió hacia el soporte de recipientes 50 y el interior del cilindro de jeringa de COC. El sistema de bomba de vacío comprendía una bomba de vacío rotativa de paletas y un fuelle Alcatel. El sistema de bombeo permitió reducir la presión en el interior del cilindro de jeringa de COC a presión(es) menor(es) de 100 mTorr mientras los gases de proceso fluían en las tasas indicadas. Se podría obtener una presión más baja en esta instancia en comparación con el tubo y los ejemplos anteriores de cilindro de jeringa de COC porque la tasa de flujo de gas de proceso general es más baja en esta instancia.

30 Una vez que se alcanzó el nivel de vacío base, el montaje del soporte de recipientes 50 se desplazó al montaje del electrodo 160. La corriente de gas (vapor de OMCTS) se hizo fluir en el puerto de suministro de gas de cobre 110 (ajustando la válvula de 3 vías de la línea de bombeo al puerto de suministro de gas 110). La presión dentro del cilindro de jeringa de COC era de aproximadamente 140 mTorr tal como se midió mediante un manómetro de capacitancia (MKS) instalado en la línea de bombeo cercana a la válvula que controlaba el vacío. Además de la presión del cilindro de jeringa de COC, también se midió la presión dentro del puerto de suministro de gas 110 y el sistema de gas con el vacuómetro de
35 termopar que se conectó al sistema de gas. La presión solía ser menor de 6 Torr.

Una vez que el gas fluía hacia el interior del cilindro de jeringa de COC, la fuente de alimentación de RF se encendió en su nivel de potencia fijo. Se usó una fuente de alimentación de RF de 600 vatios ENI ACG-6 (a 13.56 MHz) en un nivel de potencia fijo de aproximadamente 7.5 vatios (u otro nivel de potencia indicado en un ejemplo específico). La fuente de alimentación de RF se conectó a un ajuste automático COMDEL CPMX1000 que ajustó la impedancia compleja del plasma (que debía ser creado en el cilindro de jeringa de COC) a la impedancia de salida de 50 ohm de la fuente de alimentación ENI ACG-6 RF. La potencia transmitida era de 7.5 vatios y la potencia reflejada era de 0 vatios de forma que se
40 suministraron 7.5 vatios de potencia (o un nivel de potencia diferente suministrado en un ejemplo dado) en el interior del cilindro de jeringa de COC. La fuente de alimentación de RF se controló mediante un cronómetro de laboratorio y el tiempo de potencia encendida se fijó en 10 segundos (o un tiempo diferente indicado en un ejemplo dado).

45 Tras iniciar la potencia de RF, se estableció un plasma uniforme dentro del interior del cilindro de jeringa de COC. El plasma se mantuvo durante todo el tiempo de revestimiento, hasta que la potencia de RF fue interrumpida por el cronómetro. El plasma produjo un revestimiento lubricante sobre el interior de la superficie del cilindro de jeringa de COC.

Después del revestimiento, el flujo de gas se desvió nuevamente hacia la línea de vacío y la válvula de vacío se cerró. A continuación se abrió la válvula de ventilación y el interior del cilindro de jeringa de COC volvió a presión atmosférica (aproximadamente 760 Torr). Luego el cilindro de jeringa de COC se retiró cuidadosamente del montaje del soporte de recipientes 50 (después de mover el montaje del soporte de recipientes 50 fuera del montaje del electrodo 160).
50

Protocolo para revestir el interior de un cilindro de jeringa de COC con un revestimiento de HMDSO (utilizado, por ejemplo, en los Ejemplos 12, 15, 16, 17)

El Protocolo para revestir el interior de un cilindro de jeringa de COC con un revestimiento lubricante de OMCTS también se usó para aplicar un revestimiento de HMDSO, excepto que se sustituyó OMCTS por HMDSO.

Ejemplo 1

5 V. En la siguiente prueba, se utilizó hexametildisiloxano (HMDSO) como la alimentación de organosilicio ("O-Si") del aparato de PECVD de la FIG. 2 para aplicar un revestimiento de SiO_x sobre la superficie interna de un tubo de copolímero cicloolefínico cíclico (COC) como se describe en el protocolo para formar un tubo de COC. Las condiciones de la deposición se resumen en el protocolo para revestir el interior de un tubo con SiO_x y en la Tabla 1. El control era el mismo tipo de tubo al cual no se había aplicado ningún revestimiento de barrera. A continuación los tubos revestidos y sin revestir se sometieron a pruebas para determinar su tasa de transmisión de oxígeno (OTR) y su tasa de transmisión de vapor de agua (WVTR).

10 V. Haciendo referencia a la Tabla 1, el tubo de COC sin revestimiento presentó una OTR de 0.215 cc/tubo/día. Los tubos A y B sometidos a PECVD durante 14 segundos presentaron una OTR media de 0.0235 cc/tubo/día. Estos resultados muestran que el revestimiento de SiO_x proporcionó un BIF para la transmisión de oxígeno frente al tubo sin revestir de 9.1. Dicho de otra forma, el revestimiento de barrera de SiO_x redujo la transmisión de oxígeno a través del tubo hasta menos de un noveno de su valor sin el revestimiento.

15 V. El tubo C sometido a PECVD durante 7 segundos presentó una OTR de 0.026. Este resultado muestra que el revestimiento de SiO_x proporcionó un BIF para la OTR frente al tubo sin revestir de 8.3. Dicho de otra forma, el revestimiento de barrera de SiO_x aplicado en 7 segundos reduce la transmisión de oxígeno a través del tubo hasta menos de un octavo de su valor sin el revestimiento.

20 V. También se midieron las WVTR relativas de los mismos revestimientos de barrera sobre tubos de COC. El tubo de COC sin revestimiento presentó una WVTR de 0.27 mg/tubo/día. Los tubos A y B sometidos a PECVD durante 14 segundos presentaron una WVTR media de 0.10 mg/tubo/día o menor. El tubo C sometido a PECVD durante 7 segundos presentó una WVTR de 0.10 mg/tubo/día. Este resultado muestra que el revestimiento de SiO_x proporcionó un factor de mejora de la barrera para la transmisión de vapor de agua (BIF para la WVTR) frente al tubo sin revestir de aproximadamente 2.7. Este fue un resultado sorprendente, ya que el tubo de COC revestido presenta una WVTR muy baja per se.

Ejemplo 2

25 V. Una serie de tubos de PET, fabricados de acuerdo con el protocolo para formar un tubo de PET, se revistieron con SiO_x de acuerdo con el protocolo para revestir el interior de un tubo con SiO_x en las condiciones indicadas en la Tabla 2. Los controles se fabricaron de acuerdo con el protocolo para formar un tubo de PET pero se dejaron sin revestir. Las muestras de OTR y WVTR de los tubos se prepararon sellando con epoxi el extremo abierto de cada tubo con un adaptador de aluminio.

30 En una prueba separada, usando el mismo tipo de tubos de PET revestidos, se indujeron rayones mecánicos de varias longitudes con una aguja de acero a lo largo del revestimiento interior y se evaluó el BIF para la OTR. Los controles se dejaron sin revestir o eran el mismo tipo de tubo revestido sin rayón inducido. El BIF para la OTR, aunque disminuyó, mejoró con respecto a los tubos sin revestir (Tabla 2A).

35 V. Los tubos se sometieron a pruebas para determinar la OTR tal como se describe a continuación. Cada muestra/montaje de adaptador se ajustó a un instrumento de permeabilidad de oxígeno Oxtran 2/21 MOCON®. Se dejó que las muestras llegaran a un estado de tasa de transmisión continuo en equilibrio (1-3 días) en las siguientes condiciones de prueba:

- Gas de prueba: oxígeno
- Concentración del gas de prueba: 100%
- Humedad del gas de prueba: 0% de humedad relativa
- 40 • Presión del gas de prueba: 760 mmHg
- Temperatura de prueba: 23,0 °C (73,4°F)
- Gas portador: 98% de nitrógeno, 2% de hidrógeno
- Humedad del gas portador: 0% de humedad relativa

V. La OTR se presenta como un promedio de dos determinaciones en la Tabla 2.

45 V. Los tubos se sometieron a pruebas para determinar la WVTR tal como se describe a continuación. La muestra/montaje de adaptador se ajustó a un instrumento de permeabilidad de vapor de agua Permatran- W 3/31 MOCON®. Se dejó que las muestras llegaran a un estado de tasa de transmisión continuo en equilibrio (1-3 días) en las siguientes condiciones de prueba:

- Gas de prueba: vapor de agua
- 50 • Concentración del gas de prueba: NC
- Humedad del gas de prueba: 100% de humedad relativa

- Temperatura del gas de prueba: 37.8 (°C) 100.0 (°F)
- Gas portador: Nitrógeno seco
- Humedad del gas portador: 0% de humedad relativa

La WVTR se presenta como un promedio de dos determinaciones en la Tabla 2.

5 **Ejemplo 3**

Se fabricó una serie de cilindros de jeringa de acuerdo con el protocolo para formar un cilindro de jeringa de COC. Los cilindros de jeringa se revistieron o no con una barrera de SiO_x en las condiciones presentadas en el protocolo para revestir el interior de un cilindro de jeringa de COC con SiO_x modificadas tal como se indica en la Tabla 3.

10 Las muestras de OTR y WVTR de los cilindros de jeringa se prepararon sellando con epoxi el extremo abierto de cada cilindro de jeringa con un adaptador de aluminio. Adicionalmente, los extremos capilares del cilindro de jeringa se sellaron con epoxi. Los montajes jeringa-adaptador se sometieron a pruebas para determinar la OTR o la WVTR de la misma forma que las muestras de tubos de PET, nuevamente usando un instrumento de permeabilidad de oxígeno Oxtran 2/21 MOCON® y un instrumento de permeabilidad de vapor de agua Permatran- W 3/31 MOCON®. Los resultados se presentan en la Tabla 3.

15 **Ejemplo 4**

Medida de la composición de revestimientos de plasma usando un análisis de superficie por espectroscopía fotoelectrónica de rayos X (XPS) /espectroscopía electrónica para el análisis químico (ESCA)

20 V.A. Los tubos de PET fabricados de acuerdo con el protocolo para formar un tubo de PET y revestidos de acuerdo con el protocolo para revestir el interior de un tubo con SiO_x se cortaron a la mitad para exponer la superficie interna del tubo que a continuación se analizó usando espectroscopía fotoelectrónica de rayos X (XPS).

25 V.A. Los datos de XPS se cuantificaron usando factores de sensibilidad relativos y un modelo que asume una capa homogénea. El volumen de análisis es el producto del área de análisis (tamaño del haz o tamaño del orificio) y la profundidad de la información. Los fotoelectrones se generan dentro de la profundidad de penetración de rayos X (típicamente muchos micrones), pero solo se detectan los fotoelectrones dentro de las primeras tres profundidades de escape de fotoelectrones. Las profundidades de escape son del orden de 15-35 Å, lo que conduce a una profundidad de análisis de ~50-100 Å. Normalmente, el 95% de la señal se origina desde dentro de esta profundidad.

V.A. La Tabla 5 proporciona las relaciones atómicas de los elementos detectados. Los parámetros analíticos usados para XPS son los siguientes:

Instrumento	PHI Quantum 2000
Fuente de rayos X	Alk α monocromado 1486.6 eV
Ángulo de recepción	$\pm 23^\circ$
Ángulo de salida	45°
Área de análisis	600 μ m
Corrección de carga	C1s 284,8 eV
Condiciones del cañón iónico	Ar+, 1 keV, barrido de 2 x 2 mm
Tasa de deposición electrónica	15,6 Å/min (Equivalente SiO ₂)

30

V.A. La XPS no detecta hidrógeno ni helio. Los valores dados se normalizan respecto a Si = 1 para el número experimental (última fila) usando los elementos detectados y respecto a O = 1 para el cálculo y ejemplo de tereftalato de polietileno sin revestir. Los límites de detección son aproximadamente de un 0.05 a un 1.0 de porcentaje atómico. Los valores dados se normalizan de forma alternativa respecto al 100% de átomos Si + O + C.

V.A. El ejemplo de la invención tiene una relación Si/O de 2.4 que indica una composición SiO_x con algo de carbono residual de la oxidación incompleta del revestimiento. Este análisis demuestra la composición de una capa de barrera de SiO_x aplicada a un tubo de tereftalato de polietileno de acuerdo con la presente invención.

5 V.A. La Tabla 4 muestra el espesor de las muestras de SiO_x determinado usando TEM de acuerdo con el siguiente método. Las muestras se prepararon para el corte transversal de haz de iones focalizado (FIB) revistiendo las muestras con una capa de platino mediante deposición electrónica (50-100 nm de espesor) usando un sistema de revestimiento K575X Emitech. Las muestras revestidas se colocaron en un sistema de FIB FEI FIB200. Se depositó por FIB una capa adicional de platino por inyección de un gas organometálico mientras se barría el haz de iones de galio 30 kV sobre el área de interés. Se eligió que el área de interés de cada muestra fuese una ubicación en la mitad inferior de la longitud del tubo. Se extrajeron cortes transversales delgados que medían aproximadamente 15 μm ("micrómetros") de longitud, 2 μm de ancho y 15 μm de profundidad desde la superficie de troquelado usando una técnica de extracción por FIB *in situ* patentada. Los cortes transversales se unieron a una rejilla de TEM de malla de cobre 200 usando platino depositado por FIB. Se redujeron una o dos ventanas en cada sección midiendo aproximadamente 8 μm de ancho hasta alcanzar electrotransparencia usando el haz de iones de galio del FIB FEI.

15 V.C. El análisis de imagen de corte transversal de las muestras preparadas se llevó a cabo utilizando un microscopio electrónico de transmisión (TEM). Los datos de formación de imágenes se registraron digitalmente.

Las rejillas de muestras se transfirieron a un microscopio electrónico de transmisión Hitachi HF2000. Las imágenes electrónicas transmitidas se obtuvieron en las ampliaciones apropiadas. Las configuraciones instrumentales relevantes usadas durante la obtención de imágenes se establecen a continuación.

Instrumento	Microscopio electrónico de transmisión
Fabricante/Modelo	Hitachi HF2000
Voltaje de aceleración	200 kV
Lente 1 del condensador	0.78
Lente 2 del condensador	0
Lente del objetivo	6.34
Apertura de la lente del condensador	#1
Apertura de la lente del objetivo para la creación de imágenes	#3
Apertura del área selectiva para SAD	N/C

20 Ejemplo 5

Uniformidad de plasma

V.A. Los cilindros de jeringa de COC fabricados de acuerdo con el protocolo para formar el cilindro de jeringa de COC se trataron usando el protocolo para revestir el interior de un cilindro de jeringa de COC con SiO_x con las siguientes variaciones. Se evaluaron tres modos de generación de plasma diferentes para revestir cilindros de jeringa tales como 250 con películas de SiO_x. V.A. En el Modo 1, se generó ignición de plasma de cátodo hueco en la entrada de gas 310, el área restringida 292 y la cavidad del recipiente de procesamiento 304 y se generó plasma común o de cátodo no hueco en el resto de la cavidad del recipiente 300.

30 V.A. En el Modo 2, se generó ignición de plasma de cátodo hueco en el área restringida 292 y la cavidad del recipiente de procesamiento 304 y se generó plasma común o de cátodo no hueco en el resto de la cavidad del recipiente 300 y la entrada de gas 310.

V.A. En el Modo 3, se generó plasma común o de cátodo no hueco en la cavidad completa del recipiente 300 y la entrada de gas 310. Esto se consiguió incrementando la potencia para aplacar cualquier ignición de cátodo hueco. La Tabla 6 muestra las condiciones usadas para alcanzar estos modos.

35 V.A. A continuación los cilindros de jeringa 250 se expusieron a una técnica de tinción con óxido de rutenio. La tinción se hizo con blanqueador de hipoclorito de sodio e hidrato de cloruro de Ru^(III). Se colocaron 0,2g de hidrato de cloruro de Ru^(III) en un vial. Se agregaron 10 mL de blanqueador y se mezclaron concienzudamente hasta que se disolvió el hidrato de cloruro de Ru^(III).

V.A. Cada cilindro de jeringa se selló con un sello de plástico de tipo Luer y se agregaron 3 gotas de la mezcla de tinción a cada cilindro de jeringa. A continuación se sellaron los cilindros de jeringa con cinta de aluminio y se dejaron reposar

durante 30-40 minutos. En cada conjunto de cilindros de jeringa sometidos a las pruebas se tiñó al menos un cilindro de jeringa sin revestir. Los cilindros de jeringa se almacenaron con el área restringida 292 orientada hacia arriba.

V.A. En función de la tinción se obtuvieron las siguientes conclusiones:

V.A. 1. El tinte comenzó a atacar las áreas sin revestir (o revestidas escasamente) las primeras 0.25 horas de la exposición.

V.A. 2. La ignición en el área restringida 292 dio como resultado el revestimiento de SiO_x del área restringida 292.

V.A. 3. El mejor cilindro de jeringa se obtuvo mediante la prueba sin ignición de plasma de cátodo hueco en la entrada de gas 310 o el área restringida 292. Únicamente se tiñó la abertura restringida 294, seguramente debido a fugas del tinte.

V.A. 4. La tinción es una buena herramienta cualitativa para comprobar la uniformidad de un trabajo.

V.A. Sobre la base de todo lo indicado anteriormente, los inventores concluimos que:

V.A. 1. En las condiciones de prueba, el plasma de cátodo hueco en la entrada de gas 310 o en el área restringida 292 conduce a una uniformidad escasa del revestimiento.

V.A. 2. La mejor uniformidad se consiguió sin plasma de cátodo hueco en la entrada de gas 310 o en el área restringida 292.

Ejemplo 6

Patrones de interferencia de mediciones de reflectancia – Ejemplo profético

VI.A. Usando una fuente de UV visible (Deuterio y Tungsteno Ocean Optics DH2000-BAL 200-1000nm), una sonda de reflexión de fibra óptica (combinación emisor/colector Ocean Optics QR400-7 SR/BX con aproximadamente 3 mm de área de sonda), un detector en miniatura (espectrómetro UV-NIR Ocean Optics HR4000CG) y un programa informático que convierte la señal del espectrómetro en un gráfico de transmitancia/longitud de onda en una computadora portátil, se sometió a detección un tubo de PET sin revestir de Becton Dickinson (Franklin Lakes, Nueva Jersey, Estados Unidos) N.º de producto 366703, 13x75 mm (sin aditivos), (con la sonda emitiendo y recogiendo luz radialmente desde la línea central del tubo, por consiguiente, normal con respecto a la superficie revestida) alrededor de la circunferencia interna del tubo y longitudinalmente a lo largo de la pared interna del tubo, con la sonda, sin observar ningún patrón de interferencia observable. A continuación un tubo BD 366703 de 13x75 mm revestido con plasma SiO_x de Becton Dickinson, N.º de producto 366703 (sin aditivos), se reviste con un revestimiento de SiO_2 de 20 nanómetros de espesor tal como se describe en el protocolo para revestir el interior de un tubo con SiO_x . Este tubo se somete a detección de forma similar al tubo sin revestir. Se observa un claro patrón de interferencia con el tubo revestido, en el que ciertas longitudes de ondas se reforzaron y otras se cancelaron en un patrón periódico, lo cual indica la presencia de un revestimiento sobre el tubo de PET.

Ejemplo 7

Transmisión de luz potenciada a partir de la detección por esfera integradora

VI.A. El equipo utilizado fue una fuente de luz de xenón (Ocean Optics HL-2000-HP-FHSA – lámpara halógena como fuente con una potencia de salida de 20 W (185-2000 nm)), un detector de esfera integradora (Ocean Optics ISP-80-8-I) preparado para admitir un tubo de PET en su interior y un espectrómetro HR2000+ES Enhanced Sensitivity UV.VIS, con fuente de transmisión de luz y fuente de fibra óptica receptora de luz (QP600-2-UV-VIS - 600 um Premium Optical FIBER, UV/VIS, 2m) y un programa informático de conversión de la señal (SPECTRASUITE - Cross-platform Spectroscopy Operating SOFTWARE). Un tubo de PET sin revestir fabricado de acuerdo con el protocolo para formar un tubo de PET se insertó en un soporte de tubo TEFZEL (disco) y se insertó en la esfera integradora. Con el programa informático Spectrasuite en modo de absorbancia, la absorción (a 615 nm) se fijó a cero. Un tubo revestido con SiO_x fabricado de acuerdo con el Protocolo para formación de tubo de PET y revestido de acuerdo con el Protocolo para revestir el interior de un tubo con SiO_x (excepto tal como se modifica en la Tabla 16) a continuación se montó en el disco, se insertó en la esfera integradora y la absorbancia se registró a 615nm de longitud de onda. Los datos se registraron en la Tabla 16.

Con los tubos revestidos con SiO_x , se observó un aumento en la absorción relativa respecto al artículo no revestido; un aumento de los tiempos de revestimiento produjo un aumento de la absorción. La medida requirió menos de un segundo.

VI.A. Estos métodos espectroscópicos no deben considerarse limitados por el modo de detección (por ejemplo, reflectancia con respecto a la transmitancia con respecto a la absorbancia), la frecuencia o tipo de radiación aplicada u otros parámetros.

Ejemplo 8**Medida de la desgasificación en PET**

- 5 VI.B. La presente FIG. 30, adaptada a partir de la FIG. 15 de la Patente de Estados Unidos 6.584.828, es una vista esquemática de un montaje de prueba que se usó en un ejemplo práctico para medir la desgasificación a través de un revestimiento de barrera de SiO_x 348 aplicado de acuerdo con el protocolo para revestir el interior de un tubo con SiO_x sobre el interior de la pared 346 de un tubo de PET 358 fabricado de acuerdo con el protocolo para formar un tubo de PET asentado con un sello 360 sobre el extremo anterior de una celda de medida de tecnología de microflujo que se indica generalmente como 362.
- 10 VI.B. Una bomba de vacío 364 se conectó al extremo posterior de una celda de medida disponible en el mercado 362 (un sistema de fuga de gas inteligente con un instrumento de prueba para detectar fugas modelo ME2, con un sensor IMFS de segunda generación, (10 μ /min de rango completo), rango del sensor de presión absoluta: 0-10 Torr, incertidumbre de medida de flujo: +/- 5% de la lectura, en rango calibrado, empleando el programa Leak-Tek para obtener los datos de forma automática (con computadora) y señales de identificación/diagramas de flujo de fugas con respecto al tiempo. El equipamiento se adquirió de ATC Inc. y se configuró para extraer gas desde el interior de un recipiente de PET 358 en la dirección de las flechas a través de la celda de medida 362 para determinar la tasa de flujo másico del vapor desgasificado en el recipiente 358 desde sus paredes.
- 15 VI.B. Se sobreentendió que la celda de medida 362 que se muestra y describe esquemáticamente en la presente funciona sustancialmente como se describe más adelante, aunque esta información puede variar en parte con respecto al funcionamiento del equipamiento realmente usado. La celda 362 tiene un paso cónico 368 a través del cual se dirige el flujo de desgasificación. La presión se deriva a dos paredes interiores laterales 370 y 372 a lo largo del paso 368 y se alimenta respectivamente a las cámaras 374 y 376 formadas en parte por los diagramas 378 y 380. Las presiones acumuladas en las respectivas cámaras 374 y 376 desvían los respectivos diagramas 378 y 380. Estas deflexiones se miden de una manera adecuada, como midiendo la carga en capacitancia entre superficies conductoras de los diagramas 378 y 380, y superficies conductoras cercanas tales como 382 y 384. Se puede proporcionar opcionalmente un desvío 386 para acelerar el vaciado por bombeo desviando la celda de medida 362 hasta que se alcanza el nivel de vacío deseado para llevar a cabo la prueba.
- 20 VI.B. Las paredes de PET 350 de los recipientes usados en esta prueba tenían un espesor del orden de 1 mm y el revestimiento 348 tenía un espesor del orden de 20 nm (nanómetros). Por consiguiente, la relación entre el espesor de la pared 350 y del revestimiento 348 era del orden de 50.000: 1.
- 30 VI.B. Para determinar la tasa de flujo a través de la celda de medida 362, incluido el sello de recipiente 360, se asentaron sucesivamente 15 recipientes de vidrio sustancialmente idénticos en tamaño y construcción al recipiente 358 en el sello de recipiente 360, evacuados hasta alcanzar una presión interna de 1 Torr, a continuación se recogieron los datos de capacitancia con la celda de medida 362 y se convirtieron en una tasa de flujo de "desgasificación". La prueba se llevó a cabo dos veces en cada recipiente. Después de la primera pasada, el vacío se liberó con nitrógeno y se dejó un tiempo de recuperación para los recipientes hasta alcanzar equilibrio antes de proceder con la segunda pasada. Ya que se cree que un recipiente de vidrio tiene muy poca desgasificación y es esencialmente impermeable a través de su pared, se sobreentendió que esta medida es una indicación al menos de forma predominante de la cantidad de fugas del recipiente y las conexiones dentro de la celda de medida 362 y refleja poca desgasificación o permeación, si hubiere. Los resultados están en la Tabla 7.
- 35 VI.B. La familia de gráficos 390 en la FIG. 31 muestra la tasa de flujo de "desgasificación", también en microgramos por minuto, de tubos individuales correspondiente con los datos del segundo análisis en la Tabla 7 mencionada previamente. Debido a que las tasas de flujo para los gráficos no aumentan sustancialmente con el tiempo y son mucho menores que las otras tasas de flujo que se muestran, la tasa de flujo se atribuye a fugas.
- 40 VI.B. La Tabla 8 y la familia de gráficos 392 en la FIG. 31 muestran datos similares para tubos sin revestir preparados de acuerdo con el protocolo para formar tubos de PET.
- 45 VI.B. Los datos para tubos sin revestir muestran tasas de flujo mucho mayores: los aumentos se atribuyen al flujo desgasificado de gases capturados sobre o dentro de la región interna de la pared de recipiente. Existe un cierto margen de variación entre los recipientes, lo cual es indicativo de la sensibilidad de la prueba a pequeñas diferencias entre los recipientes y/o cómo se asientan en el aparato de prueba.
- 50 VI.B. La Tabla 9 y las familias de gráficos 394 y 396 en la FIG. 31 muestran datos similares para un revestimiento de barrera de SiO_x 348 aplicado de acuerdo con el protocolo para revestir el interior de un tubo de PET con SiO_x sobre el interior de la pared 346 de un tubo de PET fabricado de acuerdo con el protocolo para formar tubos de PET.

5 VI.B. La familia de curvas 394 para los tubos de PET moldeados por inyección revestidos con SiO_x de este ejemplo muestran que el revestimiento con SiO_x actúa como una barrera para limitar la desgasificación desde las paredes del recipiente de PET, ya que la tasa de flujo es consistentemente más baja en esta prueba que para los tubos de PET sin revestir. (Se cree que el revestimiento con SiO_x en sí mismo desgasifica muy poco). La separación entre las curvas 394 para los respectivos recipientes indica que esta prueba es lo suficientemente sensible para distinguir la eficacia de barrera que difiere ligeramente entre los revestimientos con SiO_x sobre diferentes tubos. Este margen de variación en la familia 394 se atribuye principalmente a variaciones en la impermeabilidad al gas entre los revestimientos con SiO_x, en oposición con las variaciones de desgasificación entre las paredes de recipiente de PET o variaciones en la integridad del asiento (que tienen una familia de curvas 392 mucho más ajustadas). Las dos curvas 396 para las muestras 2 y 4 son valores atípicos, tal como se demuestra más adelante, y se cree que su disparidad con los otros datos muestra que los revestimientos con SiO_x de estos tubos son defectuosos. Esto muestra que la presente prueba puede separar de forma clara las muestras que se procesaron de forma diferente o que son defectuosas.

15 VI.B. Haciendo referencia a las Tablas 8 y 9 mencionadas previamente y a la FIG. 32, los datos se analizaron estadísticamente para calcular su media y los valores de la primera y tercera desviación estándar por encima y por debajo de la media (promedio). Estos valores se representan gráficamente en la FIG. 32.

VI.B. Este análisis estadístico primero muestra que las muestras 2 y 4 de la Tabla 9 que representan tubos de PET revestidos son valores atípicos claros, más de +3 desviaciones estándares lejos de la media. Estos valores atípicos, sin embargo, muestran que tienen cierta eficacia de barrera, ya que sus tasas de flujo se distinguen claramente de (más bajas que) aquellas de los tubos de PET sin revestir.

20 VI.B. Este análisis estadístico también muestra la potencia de una medida de la desgasificación para analizar muy rápidamente y con precisión la eficacia de la barrera de un revestimiento de barrera con un espesor del orden de nanómetros y para distinguir tubos revestidos de tubos sin revestir (que se considera que, con el presente espesor de revestimiento, no son distinguibles usando los sentidos humanos). Haciendo referencia a la FIG. 32, los recipientes de PET revestidos que muestran un nivel de desgasificación de tres desviaciones estándares por encima de la media, mostrados en el grupo superior de barras, tiene menos desgasificación que los recipientes de PET sin revestir que muestran un nivel de desgasificación tres desviaciones estándares por debajo de la media, mostrados en el grupo inferior de barras. Estos datos muestran que no hay superposición de datos hasta un nivel de certeza que supera 6σ (seis sigma).

30 VI.B. Basándose en el éxito de esta prueba, se contempla que la presencia o ausencia de un revestimiento con SiO_x sobre estos recipientes de PET puede detectarse en una prueba mucho más corta que este ejemplo práctico, particularmente porque las estadísticas se generan para una cantidad mayor de muestras. Esto se evidencia, por ejemplo, a partir de las familias claramente separadas uniformes de gráficos incluso para un tiempo T = 12 segundos en muestras de 15 recipientes, que representan una duración de prueba de aproximadamente un segundo posterior al origen a aproximadamente T = 11 segundos.

35 VI.B. También se contempla, sobre la base de estos datos, que la eficacia de la barrera para los recipientes de PET revestidos con SiO_x que se aproxima a la del vidrio o que es igual a la del vidrio puede obtenerse optimizando el revestimiento con SiO_x.

Ejemplo 9

Humectabilidad– Ejemplos de tubos de PET revestidos con plasma

40 VII.A.1.a.ii. El método de la humectabilidad es una modificación del método que se describe en ASTM D 2578. La “humectabilidad” es una medida específica para la hidrofobicidad o hidrofiliidad de una superficie. Este método utiliza soluciones con una humectabilidad estándar (denominadas soluciones dina) para determinar la solución que se aproxima más a humedecer la superficie de película plástica durante exactamente dos segundos. Esto es la humectabilidad de la película.

45 VII.A.1.a.ii. El procedimiento utilizado se modifica a partir de ASTM D 2578 en que los sustratos no son películas plásticas planas, sino que son tubos preparados de acuerdo con el protocolo para formar un tubo de PET y revestidos (excepto los controles) de acuerdo con el protocolo para revestir el interior de un tubo con un revestimiento hidrófobo. También se sometió a la prueba una jeringa de vidrio revestida con silicona (jeringa precargable de vidrio PRTC Becton Dickinson Hypak® con punta Luer-lok®) (1 mL). Los resultados de esta prueba se enumeran en la Tabla 10.

50 Sorprendentemente, el revestimiento con plasma de tubos de PET sin revestir (40 dinas/cm) puede proporcionar superficies de energía más alta (más hidrofílicas) o más baja (más hidrófobas) usando el mismo gas de alimentación de hexametildisiloxano (HMDSO), variando las condiciones del proceso del plasma. Un revestimiento de SiO_x delgado (aproximadamente 20-40 nanómetros) preparado de acuerdo con el protocolo para revestir el interior de un tubo con SiO_x (no se muestran los datos en las tablas) proporciona una humectabilidad similar a sustratos de vidrio bruto hidrófilos. Un

revestimiento hidrófobo delgado (menos de aproximadamente 100 nanómetros) fabricado de acuerdo con el protocolo para revestir el interior de un tubo con un revestimiento hidrófobo proporciona una no humectabilidad similar a fluidos de silicona hidrófobos (los datos no se muestran en las tablas).

Ejemplo 10

5 Estudio de la retención del vacío de tubos mediante el envejecimiento acelerado

VII.A.3 El envejecimiento acelerado ofrece una evaluación más rápida de la vida útil a largo plazo de los productos. El envejecimiento acelerado de tubos para sangre con el fin de retener el vacío se describe en la Patente de Estados Unidos 5.792.940, Columna 1, Líneas 11-49.

10 VII.A.3 Se sometieron a pruebas tres tipos de tubos de tereftalato de polietileno (PET) 13x75 mm (paredes de 0.85 mm de espesor) moldeados:

tubo de 13x75 mm de Becton Dickinson N.º de producto 366703 (sin aditivos) (vida útil de 545 días o 18 meses), cerrado con un sistema Hemogard® de tapón rojo y dispositivo protector incoloro [control comercial];

tubos de PET fabricados de acuerdo con el protocolo para formar un tubo de PET, cerrados con el mismo tipo de sistema Hemogard® de tapón rojo y dispositivo protector incoloro [control interno]; y

15 tubos de PET moldeados por inyección de 13x75 mm, fabricados de acuerdo con el protocolo para formar un tubo de PET, revestidos de acuerdo con el protocolo para revestir el interior de un tubo con SiO_x, cerrados con el mismo tipo de sistema Hemogard® de tapón rojo y dispositivo protector incoloro [muestra de la invención].

20 VII.A.3 El control comercial BD se usó tal como se recibió. El control interno y las muestras de la invención se vaciaron y taparon con el sistema de tapón para proporcionar la presión parcial deseada (vacío) dentro del tubo después del sellado. Todas las muestras se colocaron en un recipiente de presión de boca ancha 304 SS de tres galones (3.8 L) (Sterlitech N.º 740340). El recipiente de presión se presurizó hasta 48 psi (3.3 atm, 2482 mm.Hg). Las determinaciones del cambio en la extracción de un volumen de agua se hicieron (a) retirando 3-5 muestras a intervalos de tiempo crecientes, (b) permitiendo la extracción del agua de los tubos al vacío a través de un adaptador de extracción de sangre de calibre 20 de un depósito de botella de plástico de un litro (c) y midiendo el cambio másico antes y después de la extracción del agua.

25 VII.A.3 Los resultados se indican en la Tabla 11.

VII.A.3 La tasa de decaimiento media normalizada se calcula dividiendo el cambio de tiempo en masa entre la cantidad de días de presurización y la extracción de masa inicial [cambio de masa/(días x masa inicial)]. También se calcula el tiempo acelerado hasta un 10% de pérdida (meses). Ambos datos se enumeran en la Tabla 12.

30 VII.A.3 Estos datos indican que el control comercial y el control interno sin revestir tienen tasas de pérdida de vacío idénticas y, sorprendentemente, la incorporación de un revestimiento con SiO_x sobre las paredes interiores de PET mejora el tiempo de retención del vacío en un factor de 2.1.

Ejemplo 11

Revestimientos lubricantes

VII.B.1.a. Los siguientes materiales se usaron en esta prueba:

35 Jeringas precargables de vidrio (BD Hypak® PRTC) comerciales con punta Luer-lok®) (ca. 1 mL)
 Cilindros de jeringa de COC fabricados de acuerdo con el protocolo para formar un cilindro de jeringa de COC;
 Émbolos de jeringa de plástico comerciales con puntas elastoméricas adquiridos de Becton Dickinson, N.º de producto 306507, (las jeringas fueron adquiridas como jeringas precargadas con solución salina);
 Solución salina normal (extraída de jeringas precargadas de Becton-Dickinson, N.º de producto 306507);
 40 Plataforma de prueba Dillon con dinamómetro avanzado (Modelo AFG-50N)

Soporte de jeringa y posicionador de drenaje (fabricados para ajustarse a la plataforma de prueba Dillon)

VII.B.1.a. El siguiente procedimiento se usó en esta prueba:

45 VII.B.1.a. El posicionador se instaló en la plataforma de prueba Dillon. El movimiento de la sonda de la plataforma se ajustó a 6 pulgadas/min (2.5 mm/seg) y se establecieron ubicaciones de trabas superiores e inferiores. Las ubicaciones de las trabas se verificaron usando una jeringa y un cilindro vacíos. Se etiquetaron las jeringas cargadas con solución salina comercial, se retiraron los émbolos y la solución salina se drenó a través de los extremos abiertos de los cilindros de jeringa para su reutilización. Se obtuvieron émbolos adicionales de la misma forma para usarlos con los cilindros de COC y de vidrio.

5 VII.B.1.a. Los émbolos de jeringa se insertaron en los cilindros de jeringa de COC de modo que el segundo punto de moldeo horizontal de cada émbolo estaba nivelado con el borde del cilindro de jeringa (aproximadamente 10 mm desde el extremo de la punta). Usando otra jeringa y un montaje de aguja, las jeringas de prueba se cargaron a través del extremo capilar con 2-3 mililitros de solución salina, con el extremo capilar hacia arriba. Se golpearon ligeramente los lados de la jeringa para eliminar todas las burbujas de aire grandes en el émbolo/interfaz del fluido y a lo largo de las paredes y se empujaron cuidadosamente todas las burbujas de aire hacia afuera de la jeringa manteniendo el émbolo en su dirección vertical.

10 VII.B.1.a. Cada montaje de cilindro de jeringa cargado/émbolo se instaló en el posicionador de jeringa. La prueba se inició presionando el interruptor en la plataforma de prueba para hacer avanzar el martillo de metal móvil hacia el émbolo. Cuando el martillo de metal móvil estaba a 5 mm de ponerse en contacto con la parte superior del émbolo, se pulsó ligeramente de forma repetida el botón de datos en el módulo Dillon para registrar la fuerza en el momento de cada pulsación del botón de datos, desde antes del contacto inicial con el émbolo de jeringa hasta que el émbolo se detuvo al hacer contacto con la pared frontal del cilindro de jeringa.

15 VII.B.1.a. Todos los puntos de referencia y cilindros de jeringa revestidos se analizaron con cinco repeticiones (usando un émbolo y cilindro nuevos para cada repetición).

20 VII.B.1.a. Los cilindros de jeringa de COC fabricados de acuerdo con el protocolo para formar un cilindro de jeringa de COC se revistieron con un revestimiento lubricante de OMCTS de acuerdo con el protocolo para revestir el interior de un cilindro de jeringa de COC con un revestimiento lubricante de OMCTS, se montaron y se cargaron con solución salina y se sometieron a pruebas tales como las que se describieron anteriormente en este Ejemplo para revestimientos lubricantes. La cámara de polipropileno usada conforme al protocolo para revestir el interior de un cilindro de jeringa de COC con un revestimiento lubricante de OMCTS permitió que el vapor de OMCTS (y oxígeno, si se agregó – remítase a la Tabla 13) fluyera a través del cilindro de jeringa y a través del capilar de jeringa hacia la cámara de polipropileno (aunque puede que no se requiera un revestimiento lubricante en la sección capilar de la jeringa en esta instancia). Se estudiaron varias condiciones de revestimiento diferentes, como se muestra en la Tabla 13 mencionada con anterioridad. Todas las deposiciones se llevaron a cabo en cilindros de jeringa de COC del mismo lote de producción.

30 A continuación, las muestras revestidas se examinaron usando la prueba de fuerza de deslizamiento del émbolo conforme al protocolo para este ejemplo, para obtener los resultados de la Tabla 13, en unidades de fuerza imperiales y métricas. Los datos muestran claramente que una potencia baja y la ausencia de oxígeno proporcionaron la fuerza de deslizamiento del émbolo más baja para jeringas de COC y de COC revestidas. Debe observarse que cuando se agregó oxígeno a potencia baja (6 W) (siendo la potencia baja una condición favorable) la fuerza de deslizamiento del émbolo aumentó de 1.09 lb, 0.49 Kg (Potencia = 11 W) a 2.27 lb, 1.03 Kg. Esto indica que puede que no sea deseable añadir oxígeno para alcanzar la fuerza de deslizamiento del émbolo más baja posible.

35 VII.B.1.a. Cabe destacar también que la mejor fuerza de deslizamiento del émbolo (Potencia = 11 W, fuerza de deslizamiento del émbolo = 1.09 lb, 0.49 Kg) fue muy cercana al estándar de la industria actual de vidrio revestido con silicona (fuerza de deslizamiento del émbolo = 0.58 lb, 0.26 Kg), al tiempo que se evitaron los problemas de una jeringa de vidrio tales como su fragilidad y un proceso de fabricación más costoso. Con optimización adicional, se espera alcanzar valores mejores o iguales al rendimiento del vidrio con silicona actual.

40 VII.B.1.a. Las muestras se crearon revistiendo cilindros de jeringa de COC de acuerdo con el protocolo para revestir el interior de un cilindro de jeringa de COC con revestimiento lubricante de OMCTS. Una realización alternativa de la tecnología de la presente, aplicaría el revestimiento lubricante sobre otro revestimiento pelicular delgado, tal como SiO_x, aplicado por ejemplo, de acuerdo con el protocolo para revestir el interior de un cilindro de jeringa de COC con SiO_x.

Ejemplo 12

Revestimiento lubricante mejorado de un cilindro de jeringa

45 VII.B.1.a. Se determinó la fuerza necesaria para expulsar una carga de solución salina al 0.9 por ciento desde una jeringa a través de una abertura capilar usando un émbolo plástico para jeringas con la pared interna revestida.

50 VII.B.1.a. Se sometieron a pruebas tres tipos de cilindros de jeringa de COC fabricados de acuerdo con el protocolo para formar un cilindro de jeringa de COC: un tipo sin revestimiento interno [control sin revestimiento], otro tipo con un revestimiento de la pared interna revestida con plasma a base de hexametildisiloxano (HMDSO) [control de HMDSO] de acuerdo con el protocolo para revestir el interior de un cilindro de jeringa de COC con revestimiento de HMDSO y un tercer tipo con un revestimiento de la pared interna revestida con plasma a base de octametiltetrakisiloxano [OMCTS-Ejemplo de la invención] aplicado de acuerdo con el protocolo para revestir el interior de un cilindro de jeringa de COC con un revestimiento lubricante de OMCTS. Se usaron émbolos plásticos nuevos con puntas elastoméricas extraídos del producto

BD de Becton-Dickinson, N.º de producto 306507, para todos los ejemplos. También se usó solución salina del producto N.º 306507.

5 VII.B.1.a. El método de revestimiento por plasma y el aparato para revestir las paredes internas del cilindro de jeringa se describen en otras secciones experimentales de esta solicitud. Los parámetros de revestimiento específicos para los revestimientos a base de HMDSO y a base de OMCTS se enumeran en el protocolo para revestir el interior de un cilindro de jeringa de COC con revestimiento de HMDSO, en el protocolo para revestir el interior de un cilindro de jeringa de COC con un revestimiento lubricante de OMCTS y en la Tabla 14.

10 VII.B.1.a. El émbolo se inserta en el cilindro de jeringa hasta aproximadamente 10 milímetros, posteriormente se carga de forma vertical la jeringa experimental a través del capilar de jeringa abierto con un sistema separado de jeringa/aguja cargada con solución salina. Una vez que la jeringa experimental está cargada por su abertura capilar, se golpea ligeramente la jeringa para permitir que todas las burbujas de aire adheridas a las paredes internas se liberen y suban a través de la abertura capilar.

15 VII.B.1.a. El montaje de cilindro de jeringa/émbolo experimental cargado se coloca verticalmente en un posicionador de metal hueco de fabricación casera, estando el montaje de jeringa sostenido sobre el posicionador en las agarraderas de sujeción. El posicionador tiene un tubo de drenaje en la base y está montado en la plataforma de prueba Dillon con dinamómetro avanzado (Modelo AFG-50N). La plataforma de prueba tiene un martillo de metal que se mueve verticalmente en forma descendente a una velocidad de seis pulgadas (152 milímetros) por minuto. El martillo de metal hace contacto con el émbolo extendido expulsando la solución salina a través del capilar. Una vez que el émbolo hace contacto con la interfaz del cilindro de jeringa/capilar el experimento se detiene.

20 VII.B.1.a. Durante el movimiento descendente del martillo de metal/émbolo extendido, la fuerza de resistencia ejercida sobre el martillo tal como se mide mediante el dinamómetro se registra en una hoja de cálculo electrónica. A partir de los datos de la hoja de cálculo se identifica la fuerza máxima para cada experimento.

25 VII.B.1.a. La Tabla 14 enumera para cada ejemplo la fuerza máxima media de los cilindros de jeringa de COC revestidos replicados y la fuerza máxima normalizada tal como se determina mediante la división de la fuerza máxima media de los cilindros de jeringa revestidos entre la fuerza máxima media sin revestimiento.

30 VII.B.1.a. Los datos indican que todos los cilindros de jeringa de COC con la pared interna revestida por plasma a base de OMCTS (ejemplos de la invención C, E, F, G, H) presentaron una fuerza de deslizamiento del émbolo mucho más baja que los cilindros de jeringa de COC sin revestir (ejemplos de control sin revestir A y D) y, sorprendentemente, también una fuerza de deslizamiento del émbolo mucho más baja que los cilindros de jeringa de COC con la pared interna revestida por plasma a base de HMDSO (ejemplo de control de HMDSO B). Más sorprendentemente, un revestimiento a base de OMCTS sobre un revestimiento de barrera contra gas de óxido de silicio (SiO_x) mantiene una fuerza de deslizamiento del émbolo baja excelente (ejemplo de la invención F). La mejor fuerza de deslizamiento del émbolo fue el ejemplo C (Potencia = 8, fuerza de deslizamiento del émbolo = 1.1 lb, 0.5 Kg). Fue cercana al estándar de la industria actual de vidrio revestido con silicona (fuerza de deslizamiento del émbolo = 0.58 lb., 0.26 Kg.), al tiempo que se evitaron los problemas de una jeringa de vidrio tales como su fragilidad y un proceso de fabricación mucho más costoso. Con optimización adicional, se espera alcanzar valores mejores o iguales al rendimiento del vidrio con silicona actual.

Ejemplo 13

Fabricación de un cilindro de jeringa de COC con revestimiento exterior – Ejemplo profético

40 VII.B.1.c. Un cilindro de jeringa de COC formado de acuerdo con el protocolo para formar un cilindro de jeringa de COC se selló en ambos extremos con cierres desechables. El cilindro de jeringa de COC tapado se pasa a través de un baño de 8100 Saran Latex Daran® (Owensboro Specialty Plastics). Este látex contiene un cinco por ciento de alcohol isopropílico para reducir la tensión superficial de la composición hasta 32 dinas/cm. La composición de látex humedece completamente el exterior del cilindro de jeringa de COC. Después de drenar durante 30 segundos, el cilindro de jeringa de COC revestido se expuso a un programa de calentamiento que comprende 275°F (135 °C) durante 25 segundos (coalescencia de látex) y 122°F (50 °C) durante cuatro horas (cura de acabado) en hornos de aire forzado respectivos. La película de PVdC resultante tiene 1/10 mil (2.5 micrones) de espesor. El cilindro de jeringa de COC y el cilindro de jeringa de COC con material laminar de PvDC-COC se miden para determinar su OTR y WVTR usando un instrumento de permeabilidad de oxígeno Oxtran 2/21 y un instrumento de permeabilidad de vapor de agua Permatran- W 3/31 de marca MOCON, respectivamente.

50 VII.B.1.c. Los valores previstos para la OTR y WVTR se enumeran en la Tabla 15, que muestra que el factor de mejora de la barrera (BIF) para el material laminar sería 4.3 (OTR-BIF) y 3.0 (WVTR-BIF), respectivamente.

Ejemplo 15

Composiciones atómicas de revestimientos de OMCTS y HMDSO aplicados por PECVD

5 VII.B.4. Se proporcionaron muestras de cilindros de jeringa de COC fabricados de acuerdo con el protocolo para formar un cilindro de jeringa de COC, revestidos con OMCTS (de acuerdo con el protocolo para revestir el interior de un cilindro de jeringa de COC con un revestimiento lubricante de OMCTS) o revestidos con HMDSO de acuerdo con el protocolo para revestir el interior de un cilindro de jeringa de COC con un revestimiento de HMDSO. Las composiciones atómicas de los revestimientos derivados de OMCTS o HMDSO se caracterizaron usando espectroscopía fotoelectrónica de rayos X (XPS).

10 VII.B.4. Los datos de XPS se cuantifican usando factores de sensibilidad relativos y un modelo que asume una capa homogénea. El volumen de análisis es el producto del área de análisis (tamaño de haz o tamaño de orificio) y la profundidad de la información. Los fotoelectrones se generan dentro de la profundidad de penetración de rayos X (típicamente muchos micrones), pero solo se detectan los fotoelectrones dentro de las primeras tres profundidades de escape de fotoelectrones. Las profundidades de escape son del orden de 15-35 Å, lo que conduce a una profundidad de análisis de ~50-100 Å. Normalmente, el 95% de la señal se origina desde dentro de esta profundidad.

VII.B.4. Se usaron los siguientes parámetros analíticos:

15	<ul style="list-style-type: none"> ● Instrumento: ● Fuente de rayos X: ● Ángulo de recepción ● Ángulo de salida ● Área de análisis 	<ul style="list-style-type: none"> PHI Quantum 2000 Alkα monocromado 1486.6 eV +23° 45° 600 μm
20	<ul style="list-style-type: none"> ● Corrección de carga ● Condiciones de la pistola de iones ● Tasa de deposición electrónica 	<ul style="list-style-type: none"> C1s 284.8 eV Ar+, 1 keV, barrido de 2 x 2 mm 15.6 Å/min (Equivalente SiO₂)

25 VII.B.4. La Tabla 17 proporciona las concentraciones atómicas de los elementos detectados. La XPS no detecta hidrógeno ni helio. Los valores dados se normalizaron respecto al 100 por ciento usando los elementos detectados. Los límites de detección son de aproximadamente un 0.05 a un 1.0 de porcentaje atómico.

30 VII.B.4.b. A partir de los resultados de la composición del revestimiento y el porcentaje elemental de precursor monomérico inicial calculado en la Tabla 17, mientras que el porcentaje de átomos de carbono del revestimiento a base de HMDSO disminuye con respecto al porcentaje de átomos de carbono del monómero HMDSO inicial (de un 54.1% a un 44.4%), sorprendentemente, el porcentaje de átomos de carbono del revestimiento a base de OMCTS aumenta con respecto al porcentaje de átomos de carbono del monómero OMCTS (de un 34.8% a un 48.4%), un aumento del 39 % atómico, calculado de la siguiente forma:

$$100\% [(48,4/34,8) - 1] = 39 \% \text{ at.}$$

35 Además, mientras que el porcentaje de átomos de silicio del revestimiento a base de HMDSO casi no tiene cambios con respecto al porcentaje de átomos de silicio del monómero HMDSO inicial (de un 21.8% a un 22.2%), sorprendentemente, el porcentaje de átomos de silicio del revestimiento a base de OMCTS disminuye considerablemente con respecto al porcentaje de átomos de silicio del monómero OMCTS (de un 42.0% a un 23.6%), una disminución del 44% atómico. Con los cambios de carbono y silicio, el comportamiento del monómero OMCTS respecto al revestimiento no sigue la tendencia de los monómeros precursores comunes (por ejemplo, HMDSO). Remítase, por ejemplo, a Hans J. Griesser, Ronald C. Chatelier, Chris Martin, Zoran R. Vasic, Thomas R. Gengenbach, George Jessup J. Biomed. Mater. Res. (Appl Biomater) 53: 235–243, 2000.

Ejemplo 16

Componentes volátiles de revestimientos de plasma (“Desgasificación”)

45 VII.B.4. Se proporcionaron muestras de cilindros de jeringa de COC fabricados de acuerdo con el protocolo para formar un cilindro de jeringa de COC, revestidos con OMCTS (de acuerdo con el protocolo para revestir el interior de un cilindro de jeringa de COC con un revestimiento lubricante de OMCTS) o con HMDSO (de acuerdo con el protocolo para revestir el interior de un cilindro de jeringa de COC con un revestimiento de HMDSO). Se usó análisis de cromatografía de gases desgasificados/espectroscopía de masas (GC/MS) para medir los componentes volátiles liberados de los revestimientos de OMCTS o HMDSO.

50 VII.B.4. Las muestras de cilindros de jeringa (cuatro cilindros de jeringa de COC cortados a la mitad en sentido longitudinal) se colocaron en una de las cámaras de 1½” (37 mm) de diámetro de un sistema de muestreo de espacio libre dinámico

(muestreador automático CDS 8400). Antes del análisis de las muestras, se analizó un control del sistema. La muestra se analizó en un cromatógrafo de gases Agilent 7890A/espectrómetro de masas Agilent 5975, usando los siguientes parámetros, para obtener los datos expuestos en la Tabla 18:

5	<ul style="list-style-type: none"> ● Columna de CG: 30m X 0.25mm DB-5MS (J&W Scientific), 0.25 μm de espesor de película ● Tasa de flujo: 1.0 mL/min, modo de flujo constante ● Detector: Detector selectivo de masas (MSD) ● Modo de inyección: Inyección separada (relación de separación 10:1)
10	<ul style="list-style-type: none"> ● Condiciones de desgasificación: Cámara de 1½" (37 mm), purga durante tres horas a 85 °C, flujo de 60 mL/min ● Temperatura del horno: de 40 °C (5 min.) a 300 °C a 10 °C/min; mantenida durante 5 min a 300 °C.

Los resultados de la desgasificación de la Tabla 18 indicaron claramente una diferenciación composicional entre los revestimientos lubricantes a base de HMDSO y a base de OMCTS evaluados. Las composiciones a base de HMDSO desgasificaron trimetilsilanol [(Me)₃SiOH] pero no desgasificaron oligómeros mayores medidos que contuvieran restos - (Me)₂SiO- repetidos, mientras que las composiciones a base de OMCTS no desgasificaron trimetilsilanol [(Me)₃SiOH] medido pero desgasificaron oligómeros mayores que contenían restos -(Me)₂SiO- repetidos. Se contempla que la prueba puede ser útil para diferenciar revestimientos a base de HMDSO de revestimientos a base de OMCTS.

Sin limitar la invención de acuerdo con el alcance y precisión de la siguiente teoría, se contempla que este resultado puede explicarse comparando la estructura cíclica de OMCTS, con solo dos grupos metilo unidos a cada átomo de silicio, con la estructura acíclica de HMDSO, en la que cada átomo de silicio está unido a tres grupos metilo. Se contempla que OMCTS reacciona abriendo el anillo para formar un dirradical con restos -(Me)₂SiO- repetidos que ya son oligómeros y pueden condensarse para formar oligómeros mayores. Por otro lado, se contempla que HMDSO reacciona escindiendo un enlace O-Si para obtener un fragmento que contiene un enlace sencillo O-Si que vuelve a condensar como (Me)₃SiOH y otro fragmento que no contiene un enlace O-Si que vuelve a condensar como [(Me)₃Si]₂.

Se cree que la naturaleza cíclica de OMCTS provoca la apertura del anillo y la condensación de estos restos de anillo abierto con desgasificación de oligómeros de PM más alto (26 ng/prueba). En cambio, se cree que los revestimientos a base de HMDSO no proporcionan ningún oligómero mayor basándose en los fragmentos de peso molecular relativamente bajo de HMDSO.

30 Ejemplo 17

Determinación de la densidad de revestimientos de plasma usando reflectividad de rayos X (XRR)

Se adhirieron muestras de control de zafiro (0.5 x 0.5 x 0.1 cm) a las paredes internas de tubos de PET separados, fabricados de acuerdo con el protocolo para formar tubos de PET. Los tubos de PET que contenían zafiro como control se revistieron con OMCTS o HMDSO (ambos de acuerdo con el protocolo para revestir el interior de un cilindro de jeringa de COC con un revestimiento lubricante de OMCTS, desviando todos con potencia 2x). A continuación se retiraron las muestras revestidas con zafiro y se obtuvieron datos de reflectividad de rayos X (XRR) en un difractor PANalytical X'Pert equipado con un monocromador de haz incidente multicapa parabólico y un colimador de haz difractado de placas paralelas. Se utilizó un modelo bicapa de Si_wO_xC_yH_z para determinar la densidad del revestimiento a partir de los resultados de la medida de ángulo crítico. Se contempla que este modelo ofrezca el mejor método para aislar el verdadero revestimiento de Si_wO_xC_yH_z. Los resultados se muestran en la Tabla 19.

A partir de la Tabla 17 en la que se muestran los resultados del Ejemplo 15, la composición más baja de oxígeno (28%) y más alta de carbono (48.4%) de OMCTS en comparación con HMDSO sugeriría que OMCTS debería tener una densidad más baja al tener en cuenta las masas atómicas y las valencias (oxígeno = 2; carbono = 4). Sorprendentemente, los resultados de densidad de XRR indican que se observaría lo opuesto, es decir, que la densidad de OMCTS es más alta que la densidad de HMDSO.

Sin limitar la invención de acuerdo con el alcance y precisión de la siguiente teoría, se contempla que existe una diferencia fundamental en el mecanismo de reacción en la formación de los respectivos revestimientos a base de HMDSO y a base de OMCTS. Los fragmentos de HMDSO pueden formar núcleos o reaccionar más fácilmente para formar nanopartículas densas que luego se depositan sobre la superficie y reaccionan aún más sobre la superficie, mientras que es mucho menos probable que OMCTS forme nanopartículas densas en fase gaseosa. Es mucho más probable que las especies reactivas de OMCTS condensen sobre la superficie de un forma mucho más similar al monómero OMCTS original, esto hace que el revestimiento sea menos denso en general.

Ejemplo 18**Uniformidad del espesor de revestimientos aplicados por PECVD**

Se proporcionaron muestras de cilindros de jeringa de COC fabricados de acuerdo con el protocolo para formar un cilindro de jeringa de COC y se revistieron respectivamente con SiO_x de acuerdo con el protocolo para revestir el interior de un cilindro de jeringa de COC con SiO_x o con un revestimiento lubricante a base de OMCTS de acuerdo con el protocolo para revestir el interior de un cilindro de jeringa de COC con un revestimiento lubricante de OMCTS. También se proporcionaron muestras de tubos de PET fabricados de acuerdo con el protocolo para formar un tubo de PET, revestidos y sin revestir respectivamente con SiO_x de acuerdo con el protocolo para revestir el interior de un tubo con SiO_x y se sometieron a una prueba de envejecimiento acelerado. Se utilizó un microscopio electrónico de transmisión (TEM) para medir el espesor de los revestimientos aplicados por PECVD en las muestras. Se utilizó el procedimiento de TEM del Ejemplo 4 mencionado anteriormente. El método y el aparato descritos en los protocolos de revestimiento con SiO_x y de revestimiento lubricante usados en este ejemplo demostraron un revestimiento uniforme tal como se muestra en la Tabla 20.

Ejemplo 19**Medida de la desgasificación en COC**

VI.B. Se fabricaron tubos de COC de acuerdo con el protocolo para formar un tubo de COC. Algunos tubos se proporcionaron con un revestimiento de barrera interior de SiO_x de acuerdo con el protocolo para revestir el interior de un tubo con SiO_x y otros tubos de COC no se revistieron. También se proporcionaron tubos de vidrio para la extracción de sangre comerciales de Becton Dickinson de 13 x 75 mm que tenían dimensiones similares. Los tubos se almacenaron durante aproximadamente 15 minutos en una habitación que contenía aire ambiental en condiciones de un 45% de humedad relativa y a 70 °F (21 °C), y las siguientes pruebas se llevaron a cabo en condiciones de humedad relativa ambiental. Los tubos se sometieron a pruebas de desgasificación siguiendo el procedimiento de medida del microflujo ATC y con el equipamiento del Ejemplo 8 (un sistema de fuga de gas inteligente con un instrumento de prueba para detectar fugas modelo ME2, con sensor IMFS de segunda generación, (10 μ /min de rango completo), rango de sensor de presión absoluta: 0-10 Torr, incertidumbre de la medida de flujo: +/- 5% de la lectura, en rango calibrado, empleando el programa Leak-Tek para obtener los datos de forma automática (con computadora) y señales de identificación/diagramas de flujo de fugas con respecto al tiempo). En el presente caso cada tubo se sometió a una etapa de desgasificación de humedad a granel de 22 segundos a una presión de 1 mm Hg, se presurizó con nitrógeno gaseoso durante 2 segundos (hasta 760 mm Hg), luego el nitrógeno gaseoso se evacuó y se llevó a cabo la etapa de medida del microflujo durante aproximadamente un minuto a 1 mm Hg de presión.

VI.B. El resultado se muestra en la FIG. 57, que es similar a la FIG. 31 generada en el Ejemplo 8. En la FIG. 57, los gráficos para tubos de COC sin revestir son los de 630, los gráficos para tubos de COC revestidos con SiO_x son los de 632 y los gráficos para los tubos de vidrio utilizados como control son los de 634. Nuevamente, la medida de la desgasificación comenzó pasados aproximadamente 4 segundos y unos segundos después, los gráficos 630 para los tubos de COC sin revestir y los gráficos 632 para los tubos revestidos con una barrera de SiO_x divergieron claramente, esto demuestra de nuevo la rápida diferenciación entre tubos revestidos con barrera y tubos sin revestir. Se produjo una separación coherente de COC sin revestir (>2 microgramos a los 60 segundos) con respecto a COC revestido con SiO_x (menos de 1.6 microgramos a los 60 segundos).

Ejemplo 20**Revestimientos lubricantes**

VII.B.1.a. Se revistieron cilindros de jeringa de COC fabricados de acuerdo con el protocolo para formar un cilindro de jeringa de COC con un revestimiento lubricante de acuerdo con el protocolo para revestir el interior de un cilindro de jeringa de COC con un revestimiento lubricante de OMCTS. Los resultados se presentan en la Tabla 21. Los resultados muestran que la tendencia de aumentar el nivel de potencia, en ausencia de oxígeno, de 8 a 14 vatios era para mejorar la lubricidad del revestimiento. Experimentos adicionales con la potencia y la tasa de flujo pueden proporcionar un aumento adicional de la lubricidad.

Ejemplo 21**Revestimientos lubricantes – Ejemplo hipotético**

Se fabrican cilindros de jeringa plásticos de copolímero cicloolefínico (COC) moldeados por inyección de acuerdo con el protocolo para formar un cilindro de jeringa de COC. Algunos están sin revestir ("control") y otros revestidos con un revestimiento lubricante por PECVD de acuerdo con el protocolo para revestir el interior de un cilindro de jeringa de COC con un revestimiento lubricante de OMCTS ("jeringa lubricada"). Las jeringas lubricadas y los controles se someten a

pruebas para medir la fuerza requerida para iniciar el movimiento del émbolo en el cilindro (fuerza de arranque) y la fuerza para mantener el movimiento del émbolo en el cilindro (fuerza de deslizamiento del émbolo) usando un verificador de la fuerza de jeringa automático Genesis Packaging, Modelo AST.

5 La prueba es una versión modificada de la prueba ISO 7886-1:1993. El siguiente procedimiento se usa para cada prueba. Se retira un émbolo plástico nuevo con punta elastomérica del Producto N.º 306507 de Becton Dickinson (adquirido como jeringas precargadas con solución salina) del montaje de jeringa. La punta elastomérica se seca con aire comprimido seco limpio. A continuación la punta elastomérica y el émbolo plástico se insertan en el cilindro de jeringa plástico de COC para someterse a pruebas con el émbolo posicionado en el mismo nivel que el fondo del cilindro de jeringa. Luego las jeringas cargadas se acondicionan para lograr el estado que se ha de estudiar. Por ejemplo, si el objetivo de la prueba es descubrir el efecto del revestimiento lubricante sobre la fuerza de arranque de las jeringas después de almacenar las jeringas durante tres meses, las jeringas se almacenan durante tres meses para lograr el estado deseado.

10 La jeringa se instala en un verificador de la fuerza de jeringa automático Genesis Packaging. El verificador se calibra al inicio de la prueba según las instrucciones del fabricante. Las variables de entrada al verificador son la velocidad = 100 mm/minuto, el rango = 10 000. Se pulsa el botón de inicio en el verificador. Al finalizar la prueba, se miden la fuerza de arranque (para iniciar el movimiento del émbolo en el cilindro) y la fuerza de deslizamiento del émbolo (para mantener el movimiento) y se descubre que son sustancialmente más bajas para las jeringas lubricadas que para las jeringas de control.

15 La Fig. 59 muestra un sistema de procesamiento de recipientes 20 de acuerdo con un ejemplo de realización de la presente invención. El sistema de procesamiento de recipientes 20 comprende, *inter alia*, una primera estación de procesamiento 5501 y una segunda estación de procesamiento 5502. Por ejemplo, en la FIG. 1 se presentan ejemplos de tales estaciones de procesamiento correspondientes con los números de referencia 24, 26, 28, 30, 32 y 34.

20 El primer sistema de procesamiento de recipientes 5501 contiene un soporte de recipientes 38 que soporta un recipiente asentado 80. Aunque, la FIG. 59 describe un tubo de sangre 80, el recipiente también puede ser el cuerpo de una jeringa, un vial, un catéter o, por ejemplo, una pipeta. El recipiente, por ejemplo, puede estar hecho de vidrio o plástico. En el caso de recipientes de plástico, la primera estación de procesamiento también puede comprender un molde para moldear el recipiente de plástico.

25 Después del primer procesamiento en la primera estación de procesamiento (dicho procesamiento puede comprender moldear el recipiente, inspeccionar por primera vez el recipiente en busca de defectos, revestir la superficie interior del recipiente e inspeccionar por segunda vez el recipiente en busca de defectos, en particular el revestimiento interior), el soporte de recipientes 38 se transporta junto con el recipiente 82 a una segunda estación de procesamiento de recipientes 5502. Este transporte lo lleva a cabo un dispositivo transportador 70, 72, 74. Por ejemplo, se puede proporcionar una o más herramientas de sujeción para sujetar el soporte de recipientes 38 y/o el recipiente 80 con el fin de mover la combinación del recipiente/soporte hasta la siguiente estación de procesamiento 5502. Como alternativa, se puede mover únicamente el recipiente sin el soporte. Sin embargo, puede ser ventajoso mover el soporte junto con el recipiente, en cuyo caso el soporte está adaptado de modo que pueda ser transportado por el dispositivo transportador.

30 La Fig. 60 muestra un sistema de procesamiento de recipientes 20 de acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención. Nuevamente, se proporcionan dos estaciones de procesamiento de recipientes 5501 y 5502. Además, se proporcionan estaciones de procesamiento de recipientes adicionales 5503, 5504 colocadas en serie y en las que el recipiente puede procesarse, es decir, inspeccionarse y/o revestirse.

35 Un recipiente se puede desplazar desde un almacén a la estación de procesamiento de la izquierda 5504. Como alternativa, el recipiente se puede moldear en la primera estación de procesamiento 5504. En cualquier caso, se lleva a cabo un primer procesamiento del recipiente en la estación de procesamiento 5504, tal como un moldeado, una inspección y/o un revestimiento, que puede ir seguido de una segunda inspección. A continuación, el dispositivo transportador 70, 72, 74 desplaza el recipiente hasta la siguiente estación de procesamiento 5501. Habitualmente, el recipiente se desplaza junto con el soporte de recipientes. Se lleva a cabo un segundo procesamiento en la segunda estación de procesamiento 5501 después del cual el recipiente y el soporte se desplazan hasta la siguiente estación de procesamiento 5502 en la que se lleva a cabo un tercer procesamiento. A continuación, el recipiente se desplaza (nuevamente junto con el soporte) hasta la cuarta estación de procesamiento 5503 para un cuarto procesamiento, después del cual se transporta para almacenamiento.

40 Antes y después de cada etapa de revestimiento o etapa de moldeo o cualquier otra etapa que manipule el recipiente, se puede llevar a cabo una inspección de todo el recipiente, de parte del recipiente y en particular de la superficie interior del recipiente. El resultado de cada inspección se puede transferir a una unidad de procesamiento central 5505 a través de un colector de datos 5507. Cada estación de procesamiento está conectada al colector de datos 5507. El procesador 5505, que puede estar adaptado con la forma de una unidad de regulación y control central, procesa los datos de la inspección, analiza los datos y determina el éxito de la última etapa de procesamiento.

Si se determina que la última etapa de procesamiento no tuvo éxito, por ejemplo, porque el revestimiento comprende agujeros o porque se determina que la superficie del revestimiento es regular o no es lo suficientemente lisa, el recipiente no ingresa en la siguiente estación de procesamiento sino que se retira del proceso de producción (véanse las secciones de transportador 7001, 7002, 7003, 7004) o se transporta hacia atrás para volver a ser procesado.

5 El procesador 5505 está conectado a una interfaz de usuario 5506 para ingresar parámetros de regulación o control.

La Fig. 61 muestra una estación de procesamiento de recipientes 5501 de acuerdo con un ejemplo de realización de la presente invención. La estación comprende un aparato de PECVD 5701 para revestir la superficie interior de un recipiente. Además, se proporcionan varios detectores 5702-5707 para la inspección de recipientes. Tales detectores pueden ser, por ejemplo, electrodos para llevar a cabo medidas eléctricas, detectores ópticos, como cámaras CCD, detectores de gases o detectores de presión.

La FIG. 62 muestra un soporte de recipientes 38 de acuerdo con un ejemplo de realización de la presente invención, junto con varios detectores 5702, 5703, 5704 y un electrodo con un puerto de entrada de gas 108, 110.

El electrodo y el detector 5702 pueden estar adaptados para desplazarse hacia el espacio interior del recipiente 80 cuando el recipiente está asentado en el soporte 38.

15 La inspección óptica puede llevarse a cabo particularmente durante una etapa de revestimiento, por ejemplo, con la ayuda de detectores ópticos 5703, 5704 que se disponen en el exterior del recipiente asentado 80 o incluso con la ayuda de un detector óptico 5705 dispuesto dentro del espacio interior del recipiente 80.

Los detectores pueden comprender filtros de color, de modo que puedan detectarse diferentes longitudes de onda durante el proceso de revestimiento. La unidad de procesamiento 5505 analiza los datos ópticos y determina si el revestimiento tuvo éxito o no hasta un nivel de certeza predeterminado. Si se determina que más probablemente el revestimiento no tuvo éxito, el respectivo recipiente se separa del sistema de procesamiento o se vuelve a procesar.

Aunque la invención se ha ilustrado y descrito en detalle en los dibujos y la descripción precedente, tal ilustración y descripción deben considerarse como ilustrativas o ejemplares y no restrictivas; la invención no se limita a las realizaciones divulgadas. Los expertos en la técnica pueden desarrollar y aplicar otras variaciones a las realizaciones divulgadas y poner en práctica la invención reivindicada, estudiando los dibujos, la divulgación y las reivindicaciones adjuntas. En las reivindicaciones, la palabra "comprende" no excluye otros elementos ni etapas y el artículo indefinido "un" o "una" no excluye una pluralidad. El mero hecho de que ciertas medidas se enumeren en reivindicaciones dependientes mutuamente diferentes no indica que una combinación de estas medidas no pueda usarse de forma conveniente. Todo signo de referencia en las reivindicaciones no debe interpretarse como limitante del alcance.

30

TABLA 1: MEDIDA DE LA OTR Y LA WVTR DE UN TUBO DE COC REVESTIDO

ID del revestimiento	Potencia (vatios)	O-Si	Flujo de O-Si (sccm)	Tasa de flujo de (sccm)	Tiempo (segundos)	OTR (cc/ Tubo. Día)	WVTR (mg/ Tubo. Día)
Sin revestimiento						0.215	0.27
A	50	HMDSO	6	90	14	0.023	0.07
B	50	HMDSO	6	90	14	0.024	0.10
C	50	HMDSO	6	90	7	0.026	0.10

TABLA 2: MEDIDA DE LA OTR Y LA WVTR DE UN TUBO DE PET REVESTIDO

ID del revestimiento	Potencia (vatios)	O-Si	Flujo de O-Si (sccm)	Tasa de flujo de (sccm)	Tiempo (segundos)	OTR (cc/ Tubo. Día)	WVTR (mg/ Tubo. Día)
Control sin revestir						0.0078	3.65
SiO _x	50	HMDSO	6	90	3	0.0035	1.95

TABLA 2 Continuación

ID del revestimiento	BIF (OTR)	BIF (WVTR)
Control sin revestir	--	--
SiO _x	2.2	1.9

Tabla 2A. OTR DE UN TUBO DE PET REVESTIDO CON DEFECTOS DE RAYONES MECÁNICOS

Ejemplo	O-Si	Potencia (vatios)	Flujo de O-Si (sccm)	Flujo de O ₂ (sccm):	Tiempo de tratamiento (segundos)	Longitud del rayón mecánico (mm)	OTR (cc/tubo.día)*	BIF para la OTR
Control sin revestir							0.0052	
Invencción	HMDSO	50	6	90	3	0	0.0014	3.7
Invencción	HMDSO	50	6	90	3	1	0.0039	1.3
Invencción	HMDSO	50	6	90	3	2	0.0041	1.3
Invencción	HMDSO	50	6	90	3	10	0.0040	1.3
Invencción	HMDSO	50	6	90	3	20	0.0037	1.4

* promedio de dos tubos

TABLA 3: MEDIDA DE LA OTR Y LA WVTR DE UN CILINDRO DE JERINGA DE COC REVESTIDO

Ejemplo	Revestimiento de la jeringa	O-Si Composición	Potencia (vatios)	Tasa de flujo de O-Si (sccm)	Tasa de flujo de O ₂ (sccm)	Tiempo de revestimiento (segundos)	OTR (cc/ Cilindro. Día)	WVTR (mg/ Cilindro. Día)	BIF (OTR)	BIF (WVTR)
A	Control sin revestir									
B	Ejemplo de la invención con SiO _x	HMDSO	44	6	90	7	0.025	0.11	1.3	1.1
C	Ejemplo de la invención con SiO _x	HMDSO	44	6	105	7	0.021	0.11	1.5	1.1
D	Ejemplo de la invención con SiO _x	HMDSO	50	6	90	7	0.026	0.10	1.2	1.2
E	Ejemplo de la invención con SiO _x	HMDSO	50	6	90	14	0.024	0.07	1.3	1.7
F	Ejemplo de la invención con SiO _x	HMDSO	52	6	97.5	7	0.022	0.12	1.5	1.0
G	Ejemplo de la invención con SiO _x	HMDSO	61	6	105	7	0.022	0.11	1.4	1.1
H	Ejemplo de la invención con SiO _x	HMDSO	61	6	120	7	0.024	0.10	1.3	1.2
I	Ejemplo de la invención con SiO _x	HMDZ	44	6	90	7	0.022	0.10	1.5	1.3
J	Ejemplo de la invención con SiO _x	HMDZ	61	6	90	7	0.022	0.10	1.5	1.2
K	Ejemplo de la invención con SiO _x	HMDZ	61	6	105	7	0.019	0.10	1.7	1.2

TABLA 4: ESPESOR DE UN REVESTIMIENTO DE SiO_x (NANÓMETROS) DETECTADOS POR TEM

Muestra	O-Si	Espesor (nm)	Potencia (vatios)	Tasa de flujo de HMDSO (sccm)	Tasa de flujo de oxígeno (sccm)
Ejemplo de la invención A	HMDSO	25-50	39	6	60
Ejemplo de la invención B	HMDSO	20-35	39	6	90

5 **TABLA 5: RELACIONES ATÓMICAS DE LOS ELEMENTOS DETECTADOS (entre paréntesis, concentraciones en porcentaje, normalizadas respecto al 100% de los elementos detectados)**

Muestra	Revestimiento de plasma	Si	O	C
Tubo de PET sin revestir- Ejemplo de comparación	-	0.08 (4.6)	1 (31.5)	2.7 (63.9)
Tereftalato de polietileno (calculado)	-		1 (28.6)	2.5 (71.4)
Tubo de PET revestido – Ejemplo de la invención	SiO _x	1 (39.1)	2.4 (51.7)	0.57 (9.2)

TABLA 6: GRADO DE IGNICIÓN DE PLASMA DE CÁTODO HUECO

Resultado de la tinción

Muestra	revestimiento	Tiempo	Ignición de plasma de cátodo hueco	Resultado de la tinción
A	25 vatios	7 segundos	Sin ignición en la entrada de gas 310, ignición en el área restringida 292	bueno
B	25 vatios	7 segundos	Ignición en la entrada de gas 310 y en el área restringida 292	escaso
C	8 vatios	9 segundos	Sin ignición en la entrada de gas 310, ignición en el área restringida 292	mejor
D	30 vatios	5 segundos	Sin ignición en la entrada de gas 310 ni en el área restringida 292	el mejor

10 **TABLA 7: TASA DE FLUJO USANDO TUBOS DE VIDRIO**

Tubo de vidrio	Análisis N.º 1 (µg / min.)	Análisis N.º 2 (µg / min.)	Promedio (µg / min.)
1	1.391	1.453	1.422
2	1.437	1.243	1.34
3	1.468	1.151	1.3095
4	1.473	1.019	1.246
5	1.408	0.994	1.201
6	1.328	0.981	1.1545
7	Roto	Roto	Roto

Tubo de vidrio	Análisis N.º 1 (µg / min.)	Análisis N.º 2 (µg / min.)	Promedio (µg / min.)
8	1.347	0.909	1.128
9	1.171	0.91	1.0405
10	1.321	0.946	1.1335
11	1.15	0.947	1.0485
12	1.36	1.012	1.186
13	1.379	0.932	1.1555
14	1.311	0.893	1.102
15	1.264	0.928	1.096
Promedio	1.343	1.023	1.183
Máximo	1.473	1.453	1.422
Mínimo	1.15	0.893	1.0405
Máximo-Mínimo	0.323	0.56	0.3815
Des. est.	0.097781	0.157895	0.1115087

TABLA 8: TASA DE FLUJO USANDO TUBOS DE PET

PET sin revestir	Análisis N.º 1 (µg / min.)	Análisis N.º 2 (µg / min.)	Promedio (µg / min.)
1	10.36	10.72	10.54
2	11.28	11.1	11.19
3	11.43	11.22	11.325
4	11.41	11.13	11.27
5	11.45	11.17	11.31
6	11.37	11.26	11.315
7	11.36	11.33	11.345
8	11.23	11.24	11.235
9	11.14	11.23	11.185
10	11.1	11.14	11.12
11	11.16	11.25	11.205
12	11.21	11.31	11.26
13	11.28	11.22	11.25
14	10.99	11.19	11.09
15	11.3	11.24	11.27
Promedio	11.205	11.183	11.194
Máximo	11.45	11.33	11.345
Mínimo	10.36	10.72	10.54
Máximo-Mínimo	1.09	0.61	0.805
Des. est.	0.267578	0.142862	0.195121

TABLA 9: TASA DE FLUJO PARA TUBOS DE PET REVESTIDOS CON SiO_x

PET revestido	Análisis N.º 1 (µg / min.)	Análisis N.º 2 (µg / min.)	Promedio (µg / min.)
1	6.834	6.655	6.7445
2	9.682	9.513	Valores atípicos
3	7.155	7.282	7.2185
4	8.846	8.777	Valores atípicos
5	6.985	6.983	6.984
6	7.106	7.296	7.201
7	6.543	6.665	6.604
8	7.715	7.772	7.7435
9	6.848	6.863	6.8555
10	7.205	7.322	7.2635

PET revestido	Análisis N.º 1 (µg / min.)	Análisis N.º 2 (µg / min.)	Promedio (µg / min.)
11	7.61	7.608	7.609
12	7.67	7.527	7.5985
13	7.715	7.673	7.694
14	7.144	7.069	7.1065
15	7.33	7.24	7.285
Promedio	7.220	7.227	7.224
Máximo	7.715	7.772	7.7435
Mínimo	6.543	6.655	6.604
Máximo-Mínimo	1.172	1.117	1.1395
Des. est.	0.374267	0.366072	0.365902

TABLA 10: MEDIDA DE LA HUMECTABILIDAD DE TUBOS REVESTIDOS Y SIN REVESTIR

Ejemplo	Revestimiento del tubo	Humectabilidad (dina/cm)
Referencia	vidrio sin revestir	72
Ejemplo de la invención	Tubo de PET revestido con SiO _x de acuerdo con el protocolo para SiO _x	60
Ejemplo de comparación	PET sin revestir	40
Ejemplo de la invención	Tubo de PET revestido de acuerdo con el protocolo para revestimientos hidrófobos	34
Ejemplo de comparación	Vidrio (+fluido de silicona) jeringa de vidrio, Parte N.º	30

TABLA 11: EXTRACCIÓN DE MASA DE AGUA (GRAMOS)

Tubo	Tiempo de presurización (días)							
	0	27	46	81	108	125	152	231
BD de PET (control comercial)	3.0				1.9		1.0	
PET sin revestir (control interno)	4.0		3.1			2.7		
PET revestido con SiO _x (ejemplo de la invención)	4.0		3.6			3.3		

5

TABLA 12: TASA MEDIA DE DECAIMIENTO DEL VACÍO NORMALIZADA CALCULADA Y TIEMPO HASTA UNA PÉRDIDA DE VACÍO DE UN 10%

Tubo	Tasa media de decaimiento normalizada (delta mL/mL.da inicial)	Tiempo hasta una pérdida del 10% (meses) - Acelerado
BD de PET (control comercial)	0.0038	0.9
PET sin revestir (control interno)	0.0038	0.9
PET revestido con SiO _x (ejemplo de la invención)	0.0018	1.9

TABLA 13: CILINDROS DE JERINGA CON REVESTIMIENTO LUBRICANTE, UNIDADES IMPERIALES

Muestra	Potencia (vatios)	Flujo de O ₂ Si (sccm)	Flujo de O ₂ (sccm)	Tiempo (segundos)	Fuerza media (lb)	Des. est.
Vidrio con silicona	Sin revestimiento	Sin revestimiento	Sin revestimiento	Sin revestimiento	0.58	0.03
COC sin revestir	Sin revestimiento	Sin revestimiento	Sin revestimiento	Sin revestimiento	3.04	0.71
A	11	6	0	7	1.09	0.27
B	17	6	0	14	2.86	0.59
C	33	6	0	14	3.87	0.34
D	6	6	90	30	2.27	0.49
COC sin revestir	-	-	-	-	3.9	0.6
SiO _x sobre COC					4.0	1.2
E	11	1.25	0	5	2.0	0.5
F	11	2.5	0	5	2.1	0.7
G	11	5	0	5	2.6	0.6
H	11	2.5	0	10	1.4	0.1
I	22	5	0	5	3.1	0.7
J	22	2.5	0	10	3.3	1.4
K	22	5	0	5	3.1	0.4

TABLA 13: CILINDROS DE JERINGA CON REVESTIMIENTO LUBRICANTE, UNIDADES MÉTRICAS

Muestra	Potencia (vatios)		Flujo de O ₂ (sccm)		Flujo de O ₂ (sccm)		Tiempo (segundos)	Fuerza media (Kg)	Des. est.
	Sin revestimiento	Sin revestimiento	Sin revestimiento	Sin revestimiento	Sin revestimiento	Sin revestimiento			
Jeringa de vidrio con silicona pulverizada								0.26	0.01
COC sin revestir								1.38	0.32
A	11	6	6	0	0	7	0.49	0.12	
B	17	6	6	0	0	14	1.29	0.27	
C	33	6	6	0	0	14	1.75	0.15	
D	6	6	6	90	90	30	1.03	0.22	
COC sin revestir	-	-	-	-	-	-	-	1.77	0.27
SiO _x sobre COC , según el protocolo								1.81	0.54
E	11	1.25	1.25	-	-	5	0.91	0.23	
F	11	2.5	2.5	-	-	5	0.95	0.32	
G	11	5	5	-	-	5	1.18	0.27	
H	11	2.5	2.5	-	-	10	0.63	0.05	
I	22	5	5	-	-	5	1.40	0.32	
J	22	2.5	2.5	-	-	10	1.49	0.63	
K	22	5	5	-	-	5	1.40	0.18	

TABLA 14: MEDIDAS DE FUERZA DE DESLIZAMIENTO DEL ÉMBOLO DE REVESTIMIENTOS DE PLASMA A BASE DE HMDSO Y OMCTS

Ejemplo	Descripción	Monómero	Potencia de Tiempo (segundos)	de revestimiento Tasa de flujo de Si-O (sccm)	Potencia de revestimiento (vatios)	Fuerza máxima (lb, kg.)	Fuerza máxima normalizada
A	Control sin revestir					3.3, 1.5	1.0
B	Revestimiento de HMDSO	HMDSO	7	6	8	4.1, 1.9	1.2
C	Revestimiento lubricante de OMCTS	OMCTS	7	6	8	1.1, 0.5	0.3
D	Control sin revestir					3.9, 1.8	1.0
E	Revestimiento lubricante de OMCTS	OMCTS	7	6	11	2.0, 0.9	0.5
F	Revestimiento bicapa	1 Cilindro de jeringa de COC + SiO _x	14	6	50		
		2 Revestimiento lubricante de OMCTS	7	6	8	2.5, 1.1	0.6
G	Revestimiento lubricante de OMCTS	OMCTS	5	1.25	11	2, 0.9	0.5
H	Revestimiento lubricante de OMCTS	OMCTS	10	1.25	11	1.4, 0.6	0.4

TABLA 15: MEDIDAS DE OTR Y WVTR (Proféticas)

Muestra	OTR (cc/cilindro.día)	WVTR (gramo/cilindro.día)
Jeringa de COC – Ejemplo de comparación	4,3 X	3,0 Y
Jeringa de COC con material laminar de PvDC-COC – Ejemplo de la invención	X	Y

5 **TABLA 16. ABSORCIÓN ÓPTICA DE TUBOS DE PET REVESTIDOS CON SiO_x (NORMALIZADA RESPECTO A UN TUBO DE PET SIN REVESTIR)**

Muestra	Tiempo de revestimiento	Absorción media (a 615 nm)	Repeticiones	Desv. est.
Referencia (sin revestir)	-	0,002-0,014	4	
Ejemplo de la invención A	3 segundos	0.021	8	0.001
Ejemplo de la invención B	2 x 3 segundos	0.027	10	0.002
Ejemplo de la invención C	3 x 3 segundos	0.033	4	0.003

10 **TABLA 17: CONCENTRACIONES ATÓMICAS (ENTRE PARÉNTESIS: EN PORCENTAJE, NORMALIZADAS RESPECTO AL 100% DE ELEMENTOS DETECTADOS)**

Muestra	Revestimiento de plasma	Si	O	C
Cilindro de jeringa de COC revestido a base de HMDSO	Si _w O _x C _y	0.76 (22.2)	1 (33.4)	3.7 (44.4)
Cilindro de jeringa de COC revestido a base de OMCTS	Si _w O _x C _y	0.46 (23.6)	1 (28)	4.0 (48.4)
Monómero HMDSO- calculado	Si ₂ OC ₆	2 (21.8)	1 (24.1)	6 (54.1)
Monómero OMCTS- calculado	Si ₄ O ₄ C ₈	1 (42)	1 (23.2)	2 (34.8)

TABLA 18: COMPONENTES VOLÁTILES DE LA DESGASIFICACIÓN DE LA JERINGA

	Monómero de revestimiento	Me ₃ SiOH (ng/prueba)	Oligómeros SiOMe mayores (ng/prueba)
Jeringa de COC sin revestir – Ejemplo de comparación	Sin revestir	ND	ND
Jeringa de COC revestida a base de HMDSO- Ejemplo de comparación	HMDSO	58	ND
Jeringa de COC revestido a base de OMCTS- Ejemplo de la invención	OMCTS	ND	26

TABLA 19: DENSIDAD DEL REVESTIMIENTO DE PLASMA A PARTIR DE LA DETERMINACIÓN POR XRR

Muestra	Capa	Densidad g/cm ³
Zafiro revestido a base de HMDSO- Ejemplo de comparación	Si _w O _x C _y H _z	1.21
Zafiro revestido a base de OMCTS- Ejemplo de la invención	Si _w O _x C _y H _z	1.46

TABLA 20: ESPESOR DE REVESTIMIENTOS POR PECVD MEDIANTE TEM

ID de la muestra	Espesor I por TEM	Espesor II por TEM	Espesor III por TEM
Protocolo para formar un cilindro de jeringa de COC; Protocolo para revestir el interior de un cilindro de jeringa de COC con SiO _x	164 nm	154 nm	167 nm
Protocolo para formar un cilindro de jeringa de COC; Protocolo para revestir el interior de un cilindro de jeringa de COC con un revestimiento lubricante de OMCTS	55 nm	48 nm	52 nm
Protocolo para formar un tubo de PET; Protocolo para revestir el interior de un tubo con SiO _x	28 nm	26 nm	30 nm
Protocolo para formar un tubo de PET (sin revestir)	--	--	--

5

TABLA 21: RENDIMIENTO DEL REVESTIMIENTO LUBRICANTE DE OMCTS (UNIDADES IMPERIALES)

Muestra	Fuerza del émbolo media (kg)*	Reducción de fuerza porcentual (con respecto a sin revestimiento)	Potencia (vatios)	Flujo de OMCTS (sccm)
de comparación (sin revestimiento)	3.99	--	-	-
Muestra A	1.46	63%	14	0.75
Muestra B	1.79	55%	11	1.25
Muestra C	2.09	48%	8	1.75
Muestra D	2.13	47%	14	1.75
Muestra E	2.13	47%	11	1.25
Muestra F	2.99	25%	8	0.75

* Promedio de 4 repeticiones

Tabla 21: RENDIMIENTO DEL REVESTIMIENTO LUBRICANTE DE OMCTS (Unidades métricas)

Muestra	Fuerza del émbolo media (kg)*	Reducción de fuerza porcentual (con respecto a sin revestimiento)	Potencia (vatios)	Flujo de OMCTS (sccm)
de comparación (sin revestimiento)	1.81	--	-	-
Muestra A	0.66	63%	14	0.75
Muestra B	0.81	55%	11	1.25
Muestra C	0.95	48%	8	1.75
Muestra D	0.96	47%	14	1.75
Muestra E	0.96	47%	11	1.25
Muestra F	1.35	25%	8	0.75

Las medidas de fuerza anteriores son el promedio de 4 muestras.

- 5 En el siguiente listado, por ejemplo, haciendo referencia a las FIGS. 59-62, se describen ejemplos de realizaciones de la invención. Aunque se utilicen las palabras "reivindicación" o "reivindicaciones" en el siguiente listado, cabe destacar que el siguiente listado se refiere a ejemplos de realizaciones y no a reivindicaciones.

Sistema de procesamiento de recipientes con múltiples estaciones de procesamiento y múltiples soportes de recipientes

1. Un sistema de procesamiento de recipientes 20, que comprende:
 - 10 una primera estación de procesamiento 5501, 24, 26, 28, 30 que está configurada para procesar un recipiente que tiene una abertura y una pared que define una superficie interior;

una segunda estación de procesamiento 5502, 24, 26, 28, 30 que está separada de la primera estación de procesamiento y está configurada para procesar un recipiente que tiene una abertura y una pared que define una superficie interior;

una multiplicidad de soportes de recipientes 38, comprendiendo cada soporte de recipientes un puerto de recipientes 92 que está configurado para recibir y asentar la abertura de un recipiente para procesar la superficie interior de un recipiente asentado a través del puerto de recipientes en la primera estación de procesamiento; y

un transportador 70, 72, 74 para transportar una serie de soportes de recipientes y recipientes asentados desde la primera estación de procesamiento hasta la segunda estación de procesamiento para procesar la superficie interior de un recipiente asentado a través del puerto de recipientes en la segunda estación de procesamiento.
 - 20 2. La invención de la reivindicación 1, que comprende además una tercera estación de procesamiento 5503 que está separada de la primera y la segunda estación de procesamiento y está configurada para procesar un recipiente que tiene una abertura y una pared que define una superficie interior (remítase, por ejemplo, a la FIG. 60).
 3. La invención de la reivindicación 2, donde el transportador está configurado para transportar una serie de soportes de recipientes y recipientes asentados desde la segunda estación de procesamiento hasta la tercera estación de procesamiento para procesar la superficie interior de un recipiente asentado a través del puerto de recipientes en la tercera estación de procesamiento.
 - 25 4. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en la que uno o más soportes de recipientes comprenden además un conducto de vacío para extraer un gas de un recipiente asentado en uno o más puertos de recipientes.
 5. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en la que uno o más soportes de recipientes comprenden además un puerto de vacío que comunica el conducto de vacío con una fuente de vacío exterior.
 - 30

6. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en la que uno o más puertos de vacío tienen una junta tórica para recibir y formar un sello contra una fuente de vacío exterior.
- 5 7. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en la que uno o más soportes de recipientes comprenden además un puerto de entrada de gas para transportar un gas al interior de un recipiente asentado en uno o más puertos de recipientes.
8. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en la que uno o más soportes de recipientes comprenden además un puerto de entrada de gas y un puerto de vacío compuestos en comunicación con uno o más puertos de recipientes, respectivamente para transportar un gas al interior y extraer un gas de un recipiente asentado en uno o más puertos de recipientes.
- 10 9. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 1-8, en la que uno o más soportes de recipientes están hechos de material termoplástico.
10. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 1-9, en la que uno o más puertos de recipientes tienen un elemento de sellado para recibir y formar un sello contra la abertura del recipiente.
- 10a. La invención de la reivindicación 10, en la que el elemento de sellado es una junta tórica.
- 15 11. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 1-10a, en la que una estación de procesamiento está configurada para inspeccionar la superficie interior de un recipiente en busca de defectos.
12. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 1-11, en la que una estación de procesamiento está configurada para aplicar un revestimiento sobre la superficie interior de un recipiente.
- 20 13. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 1-12, en la que una estación de procesamiento está configurada para inspeccionar un revestimiento en busca de defectos.
14. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 176-13, en la que una estación de procesamiento está configurada para medir la pérdida de presión de aire a través de la pared de un recipiente.
- 25 15. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 1-14, en la que una estación de procesamiento comprende una superficie de apoyo para soportar uno o más soportes de recipientes en una posición predeterminada mientras se procesa la superficie interior del recipiente asentado en la estación de procesamiento.
16. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 1-15, en la que otra estación de procesamiento comprende una segunda superficie de apoyo para soportar uno o más soportes de recipientes en una posición predeterminada mientras se procesa la superficie interior del recipiente asentado en la otra estación de procesamiento.
- 30 17. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 1-16, en la que otra estación de procesamiento comprende una tercera superficie de apoyo para soportar uno o más soportes de recipientes en una posición predeterminada mientras se procesa la superficie interior del recipiente asentado a través de uno o más puertos de recipientes en la otra estación de procesamiento.
18. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 1-17, que comprende además una tercera estación de procesamiento separada de la primera y la segunda estación de procesamiento para procesar recipientes.
- 35 19. La invención de la reivindicación 18, que comprende además una cuarta estación de procesamiento separada de la primera, la segunda y la tercera estación de procesamiento para procesar recipientes.
20. La invención de la reivindicación 19, que comprende además una quinta estación de procesamiento separada de la primera, la segunda, la tercera y la cuarta estación de procesamiento para procesar recipientes.
- 40 21. La invención de la reivindicación 20, que comprende además una sexta estación de procesamiento separada de la primera, la segunda, la tercera, la cuarta y la quinta estación de procesamiento para procesar recipientes.
22. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 1-21, que comprende además un transportador para transportar uno o más soportes de recipientes y recipientes asentados desde la segunda estación de procesamiento hasta la tercera estación de procesamiento.
- 45 23. La invención la reivindicación 22, que comprende además un transportador para transportar uno o más soportes de recipientes y recipientes asentados desde la tercera estación de procesamiento hasta la cuarta estación de procesamiento.

24. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 23, que comprende además un transportador para transportar uno o más soportes de recipientes y recipientes asentados desde la cuarta estación de procesamiento hasta la quinta estación de procesamiento.
- 5 25. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 24, que comprende además un transportador para transportar uno o más soportes de recipientes y recipientes asentados desde la quinta estación de procesamiento hasta la sexta estación de procesamiento.
26. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 1-25, que comprende además un revestidor para formar un revestimiento sobre el interior de un recipiente a través de uno o más puertos de recipientes en una estación de procesamiento.
- 10 27. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 1-26, en la que una estación de procesamiento comprende un aparato de PECVD.
28. La invención de la reivindicación 27, en la que el aparato de PECVD comprende:
- un electrodo interno posicionado para recibir un fluido en comunicación con el interior de un recipiente asentado en un soporte de recipientes;
- 15 un electrodo externo que tiene una porción interior posicionada para recibir un recipiente asentado en un soporte de recipientes;
- una fuente de alimentación que suministra corriente alterna al electrodo interno y externo para formar un plasma en un recipiente asentado en el soporte de recipientes;
- una fuente de vacío para evacuar el interior del recipiente, definiendo el recipiente una cámara de vacío;
- 20 una fuente de gas reactivo; y
- una fuente de gas para alimentar un gas reactivo desde la fuente de gas reactivo hasta un recipiente asentado en el soporte de recipientes.
29. La invención de la reivindicación 28, en la que el electrodo interno se extiende en el recipiente.
30. La invención de la reivindicación 28, en la que el electrodo interno está posicionado fuera del recipiente.
- 25 31. La invención de la reivindicación 28 ó 30, en la que el electrodo interno está posicionado dentro del soporte de recipientes.
32. La invención de la reivindicación 28, en la que el electrodo interno es una sonda que tiene una porción distal posicionada para extenderse en general concéntricamente en un recipiente asentado en el soporte de recipientes.
- 30 33. La invención de la reivindicación 28 ó 32, en la que la alimentación de gas está en la porción distal del electrodo interno.
34. La invención de la reivindicación 28, 32 ó 33, que comprende además una fuente de gas reactivo y un paso dentro del electrodo interno para transportar el gas reactivo desde la fuente de gas reactivo hasta la porción distal del electrodo interno.
- 35 35. La invención de la reivindicación 34, en la que la porción distal del electrodo interno comprende una pared lateral porosa elongada que contiene el paso dentro del electrodo interno para liberar al menos una porción del gas reactivo lateralmente del paso.
36. La invención de la reivindicación 35, en la que el diámetro externo del electrodo interno es al menos un 50% del diámetro interno lateralmente adyacente del recipiente.
37. La invención de la reivindicación 35, en la que el diámetro externo del electrodo interno es al menos un 60% del diámetro interno lateralmente adyacente del recipiente.
- 40 38. La invención de la reivindicación 35, en la que el diámetro externo del electrodo interno es al menos un 70% del diámetro interno lateralmente adyacente del recipiente.
39. La invención de la reivindicación 35, en la que el diámetro externo del electrodo interno es al menos un 80% del diámetro interno lateralmente adyacente del recipiente.

40. La invención de la reivindicación 35, en la que el diámetro externo del electrodo interno es al menos un 90% del diámetro interno lateralmente adyacente del recipiente.
41. La invención de la reivindicación 35, en la que el diámetro externo del electrodo interno es al menos un 95% del diámetro interno lateralmente adyacente del recipiente.
- 5 42. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 28-34, que comprende además una fuente de gas portador y un paso dentro del electrodo interno para transportar el gas portador desde la fuente de gas portador hasta la porción distal del electrodo interno.
43. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 28-42, que comprende además un extensor y retractor de electrodo interno para insertar y retirar el electrodo interno del soporte de recipientes.
- 10 44. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 28-43, que comprende además un arreglo de al menos dos electrodos internos, donde el extensor y retractor de electrodo interno están configurados para insertar y retirar un electrodo interno del arreglo de un soporte de recipientes.
- 15 45. La invención de la reivindicación 44, en la que el extensor y retractor de electrodo interno están configurados para mover un electrodo interno entre una posición completamente avanzada, una posición intermedia y una posición retraída con respecto al soporte de recipientes.
46. La invención de la reivindicación 44 ó 45, que comprende además un accionador de electrodo interno operable junto con el extensor y retractor de electrodo interno para mover un primer electrodo interno de su posición extendida hasta su posición retraída, sustituir un segundo electrodo interno por el primer electrodo interno y mover el segundo electrodo interno hasta su posición extendida.
- 20 47. La invención de la reivindicación 28, 32, 33, 34 ó 42, en la que el electrodo externo es generalmente cilíndrico y está posicionado para extenderse en general concéntricamente respecto a un recipiente asentado en el soporte de recipientes.
48. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 28-47, en la que el electrodo externo comprende una tapa terminal.
- 25 49. La invención de la reivindicación 48, en la que un espacio definido entre la tapa terminal y el extremo distal de un recipiente asentado en el soporte de recipientes es esencialmente uniforme.
50. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 28-49, en la que un espacio definido entre el electrodo externo y un recipiente asentado en el soporte de recipientes es esencialmente uniforme.
- 30 51. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 1-50, que comprende además un detector configurado para ser insertado en el recipiente a través de uno o más puertos de recipientes en una estación de procesamiento para detectar el estado de la superficie interior del recipiente.
52. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 1-51, que comprende además un detector localizado en una estación de procesamiento fuera del recipiente.
- 35 53. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 1-52, que comprende además una fuente de energía en una estación de procesamiento para dirigir energía hacia adentro a través de la pared de un recipiente y la superficie interior del recipiente para sea detectada por un detector.
54. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 1-53, que comprende además una fuente de energía en una estación de procesamiento para dirigir energía contra la pared de un recipiente y reflejar energía en al menos un revestimiento de la superficie de la pared o la superficie de la pared.
- 40 55. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 1-54, que comprende además una fuente de energía en una estación de procesamiento para dirigir energía hacia afuera a través de la pared de un recipiente y la superficie interior del recipiente para sea detectada por un detector.
56. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 1-55, que comprende una fuente de energía configurada para ser insertada en un recipiente a través de una abertura del recipiente.
- 45 57. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 51-56, donde el detector está configurado para detectar el estado de la superficie interior de un recipiente en numerosas posiciones poco separadas en la superficie interior del recipiente.

58. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 51-57, en la que el detector está posicionado para recibir energía de la fuente de energía.

59. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 1-58, que comprende además un selector en una estación de procesamiento para retirar el recipiente de uno o más soportes de recipientes después de procesar la superficie interior del recipiente asentado en la segunda estación de procesamiento.

Soportes de recipientes

II.A.

60. Un soporte de recipientes portátil para soportar y transportar un recipiente que tiene una abertura mientras se procesa el recipiente, comprendiendo el soporte de recipientes:

10 un puerto de recipientes configurado para asentar una abertura del recipiente en una relación de comunicación mutua;

un segundo puerto configurado para recibir un suministro de gas o ventilación externa;

un conducto para el paso de uno o más gases entre una abertura del recipiente asentado en el puerto de recipientes y el segundo puerto; y

15 una carcasa transportable, a la cual están unidos el puerto de recipientes, el segundo puerto y el conducto en una relación sustancialmente rígida;

pesando el soporte de recipientes portátil menos de cinco libras.

II.B.

61. Un soporte de recipientes portátil para soportar y transportar un recipiente que tiene una abertura mientras se procesa el recipiente, comprendiendo el soporte de recipientes:

20 un puerto de recipientes configurado para recibir una abertura del recipiente en una relación de comunicación mutua sellada;

un conducto de vacío configurado para extraer un gas a través del puerto de recipientes de un recipiente asentado en el puerto de recipientes;

un puerto de vacío configurado para comunicar el conducto de vacío y una fuente de vacío externa; y

25 una carcasa transportable, a la cual están unidos el puerto de recipientes, el conducto de vacío y el puerto de vacío en una relación sustancialmente rígida;

pesando el soporte de recipientes portátil menos de cinco libras.

62. La invención de la reivindicación 61, en la que el puerto de recipientes tiene un elemento de sellado para recibir y formar un sello contra una abertura del recipiente.

30 62a. La invención de la reivindicación 61, en la que el elemento de sellado es una junta tórica.

63. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 61-62a, en la que el puerto de vacío tiene una junta tórica para recibir y formar un sello contra una fuente de vacío exterior.

64. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 61-63, en la que el puerto de entrada de gas tiene una junta tórica para recibir y formar un sello contra una entrada de gas.

35 65. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 61-64, en la que el puerto de vacío está configurado además para funcionar como un puerto de entrada de gas que se comunica con el puerto de recipientes para transportar un gas al interior de un recipiente asentado en el puerto de recipientes.

66. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 61-65, en la que la carcasa está hecha de material termoplástico.

40 67. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 61-66, que comprende además un puerto de entrada de gas que está unido en una relación sustancialmente rígida a la carcasa transportable y está configurado para transportar un gas en un recipiente asentado en el puerto de recipientes.

II.C. Soporte de recipientes que incluye un mecanismo de sellado.

68. Un soporte de recipientes para recibir un extremo abierto de un recipiente que tiene un pared sustancialmente cilíndrica adyacente a su extremo abierto, que comprende:

una superficie interna generalmente cilíndrica que tiene la forma adecuada para recibir la pared cilíndrica del recipiente;

5 una primera ranura anular en la superficie interna generalmente cilíndrica y que es coaxial respecto a esta, teniendo la primera ranura anular una abertura en la superficie interna generalmente cilíndrica y una pared inferior separada radialmente de la superficie interna generalmente cilíndrica; y

10 un primer elemento de sellado dispuesto en la primera ranura anular y con la forma adecuada, en relación con la primera ranura anular, para normalmente extenderse radialmente a través de la abertura y para ser presionado radialmente hacia afuera por un recipiente recibido por la superficie interna generalmente cilíndrica para formar un sello entre el recipiente y la pared inferior de la primera ranura anular.

68a. El soporte de recipientes de la reivindicación 68, en el que el elemento de sellado es una junta tórica.

69. El soporte de recipientes de la reivindicación 68, que comprende además un tope que se extiende radialmente adyacente a la superficie interna generalmente cilíndrica contra el cual el extremo abierto del recipiente se puede fijar.

15 70. El soporte de recipientes de la reivindicación 68 ó 69, que comprende además una primera pared lateral superior y otra inferior dispuestas entre la abertura y la pared inferior de la primera ranura anular, estando las primeras paredes laterales posicionadas para hacer de tope contra la primera junta tórica cuando la primera junta tórica es presionada radialmente hacia afuera por un recipiente.

20 71. El soporte de recipientes de cualquiera de las reivindicaciones 68-70, en el que la primera junta tórica, cuando no está sometida a tensión, tiene un diámetro transversal superior a la profundidad radial de la primera ranura generalmente anular.

72. El soporte de recipientes de cualquiera de las reivindicaciones 68-71, que comprende además:

25 una segunda ranura anular en la superficie interna generalmente cilíndrica y que es coaxial respecto a esta, y que está axialmente separada de la primera ranura anular, teniendo la segunda ranura anular una abertura en la superficie interna generalmente cilíndrica y una pared inferior separada radialmente de la superficie interna generalmente cilíndrica; y

una segunda junta tórica dispuesta en la segunda ranura anular y con la forma adecuada, en relación con la segunda ranura anular, para normalmente extenderse radialmente a través de la abertura y para ser presionada radialmente hacia afuera por un recipiente recibido por la superficie interna generalmente cilíndrica para formar un sello entre el recipiente y la pared inferior de la ranura anular.

30 73. El soporte de recipientes de la reivindicación 72, que comprende además una primera pared lateral superior y otra inferior dispuestas entre la abertura y la pared inferior de la segunda ranura anular, estando las segundas paredes laterales posicionadas para hacer de tope contra la segunda junta tórica cuando la segunda junta tórica es presionada radialmente hacia afuera por un recipiente.

35 74. El soporte de recipientes de cualquiera de las reivindicaciones 72-73, en el que la segunda junta tórica, cuando no está sometida a tensión, tiene un diámetro transversal superior a la profundidad radial de la primera ranura generalmente anular.

75. El soporte de recipientes de cualquiera de las reivindicaciones 69-74, que comprende además una fuente de vacío en el tope posicionada para crear un vacío en un recipiente asentado en el soporte de recipientes con su abertura orientada hacia el tope.

40 76. El soporte de recipientes de cualquiera de las reivindicaciones 69-75, que comprende además una fuente de gas de proceso en el tope posicionada para comunicarse con el interior de un recipiente asentado en el soporte de recipientes con su abertura orientada hacia el tope.

III. Métodos para transportar recipientes – procesamiento de recipientes asentados en soportes de recipientes

III.A. Transporte de soportes de recipientes hasta estaciones de procesamiento

45 77. Un método para procesar un recipiente, comprendiendo el método:

proporcionar una primera estación de procesamiento para procesar recipientes;

- proporcionar una segunda estación de procesamiento separada de la primera estación de procesamiento para procesar los recipientes;
- proporcionar un recipiente que tiene una abertura y una pared que define una superficie interior;
- proporcionar un soporte de recipientes que comprende un puerto de recipientes;
- 5 asentar la abertura del recipiente sobre el puerto de recipientes;
- procesar la superficie interior del recipiente asentado a través del puerto de recipientes en la primera estación de procesamiento;
- transportar el soporte de recipientes y el recipiente asentado desde la primera estación de procesamiento hasta la segunda estación de procesamiento; y
- 10 procesar la superficie interior del recipiente asentado a través del puerto de recipientes en la segunda estación de procesamiento;
78. La invención de la reivindicación 77, en la que el recipiente es generalmente tubular.
79. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 77 ó 78, en la que la abertura está en un extremo del recipiente.
80. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 77-79, en la que el recipiente está hecho de material termoplástico.
- 15 81. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 77-80, en la que el recipiente está hecho de tereftalato de polietileno.
82. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 77-80, en la que el recipiente está hecho de poliolefina.
83. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 77-80, en la que el recipiente está hecho de polipropileno.
- 20 84. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 77-83, en la que el recipiente está hecho de vidrio.
85. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 77-84, en la que el recipiente está hecho de vidrio de borosilicato.
86. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 77-85, en la que el recipiente está hecho de vidrio de soda cálcica.
- 25 87. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 77-86, en la que el recipiente está hecho de vidrio de cuarzo.
88. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 77-87, en la que el recipiente es lo suficientemente resistente para soportar un vacío interno sustancialmente total sin deformarse sustancialmente cuando se expone a una presión externa de 760 Torr.
89. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 77-88, en la que el recipiente se proporciona mediante moldeo por inyección.
- 30 90. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 77-88, en la que el recipiente se proporciona mediante moldeo por soplado.
91. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 77-90, en la que el recipiente se proporciona cerrando el extremo de un tubo.
- 35 92. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 77-91, en la que el soporte de recipientes comprende además un conducto de vacío para extraer un gas de un recipiente asentado en un puerto de recipientes.
93. La invención de la reivindicación 92, en la que el soporte de recipientes comprende además un puerto de vacío que comunica el conducto de vacío con una fuente de vacío exterior.
- 40 94. La invención de la reivindicación 93, en la que el puerto de vacío tiene una junta tórica para recibir y formar un sello contra una fuente de vacío exterior.

95. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 77-94, en la que el soporte de recipientes comprende además un puerto de entrada de gas para transportar un gas al interior de un recipiente asentado en el puerto de recipientes.
- 5 96. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 77-95, en la que el soporte de recipientes comprende un puerto de entrada de gas y un puerto de vacío compuestos en comunicación con el puerto de recipientes, respectivamente para transportar un gas al interior y extraer un gas de un recipiente asentado en el puerto de recipientes.
97. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 77-96, en la que el soporte de recipientes está hecho de material termoplástico.
98. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 77-97, en la que el soporte de recipientes comprende una porción superior y una base unidas en una junta.
- 10 99. La invención de la reivindicación 98, que comprende además una junta tórica capturada entre la porción superior y la base en la junta para sellar la junta.
100. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 77-99, en la que la junta tórica capturada entre la porción superior y la base también recibe el recipiente y forma un sello alrededor de la abertura del recipiente.
- 15 101. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 77-100, en la que el puerto de recipientes tiene una primera y una segunda junta tórica separadas axialmente, teniendo cada una un diámetro interno con la forma adecuada para recibir el diámetro externo de un recipiente para sellar entre el puerto de recipientes y un recipiente.
102. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 77-101, en la que el puerto de recipientes tiene una superficie de tope que se extiende radialmente próxima a las juntas tóricas y que rodea el conducto de vacío.
- 20 103. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 77-102, en la que una estación de procesamiento está configurada para inspeccionar la superficie interior de un recipiente en busca de defectos.
104. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 77-103, en la que una estación de procesamiento está configurada para aplicar un revestimiento sobre la superficie interior de un recipiente.
105. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 77-104, en la que una estación de procesamiento está configurada para aplicar una barrera u otro tipo de revestimiento sobre la superficie interior de un recipiente.
- 25 106. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 77-105, en la que una estación de procesamiento está configurada para inspeccionar un revestimiento en busca de defectos.
107. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 77-106, en la que una estación de procesamiento está configurada para inspeccionar un revestimiento de barrera en busca de defectos.
- 30 108. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 77-107, en la que una estación de procesamiento está configurada para medir la pérdida de presión de aire a través de la pared de un recipiente.
109. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 77-108, en la que una estación de procesamiento comprende una superficie de apoyo para soportar el soporte de recipientes en una posición determinada mientras se procesa la superficie interior del recipiente asentado en la estación de procesamiento.
- 35 110. La invención de la reivindicación 109, en la que, después de asentar la abertura del recipiente sobre el puerto de recipientes, el soporte de recipientes se transporta acoplado a la superficie de apoyo.
111. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 77-110, en la que otra estación de procesamiento comprende una segunda superficie de apoyo para soportar el soporte de recipientes en una posición predeterminada mientras se procesa la superficie interior del recipiente asentado en la otra estación de procesamiento.
- 40 112. La invención de la reivindicación 110, en la que, después de asentar la abertura del recipiente sobre el puerto de recipientes, el soporte de recipientes se transporta acoplado a la segunda superficie de apoyo.
113. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 77-112, en la que otra estación de procesamiento comprende una tercera superficie de apoyo para soportar el soporte de recipientes en una posición predeterminada mientras se procesa la superficie interior del recipiente asentado a través del puerto de recipientes en la otra estación de procesamiento.
- 45 114. La invención de la reivindicación 113, en la que, después de asentar la abertura del recipiente sobre el puerto de recipientes, el soporte de recipientes se transporta acoplado a la tercera superficie de apoyo.

115. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 77-114, que comprende además:
 proporcionar una tercera estación de procesamiento separada de la primera y de la segunda estación de procesamiento para procesar recipientes;
 5 transportar el soporte de recipientes y el recipiente asentado desde la segunda estación de procesamiento hasta la tercera estación de procesamiento; y
 procesar la superficie interior del recipiente asentado a través del puerto de recipientes en la tercera estación de procesamiento;
116. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 77-115, que comprende además asentar la abertura del recipiente sobre el puerto de recipientes en una estación de procesamiento.
- 10 117. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 77-116, que comprende además formar un revestimiento sobre la superficie interior de un recipiente a través del puerto de recipientes en una estación de procesamiento.
118. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 77-117, en la que el procesamiento en una estación de procesamiento comprende inspeccionar la superficie interior de un recipiente en busca de defectos.
- 15 119. La invención de la reivindicación 118, en la que la inspección se lleva a cabo insertando una sonda de detección en el recipiente a través del puerto de recipientes y detectando el estado de la superficie interior del recipiente utilizando la sonda.
120. La invención de la reivindicación 119, que comprende además radiar energía hacia el interior a través de la pared del recipiente y la superficie interior del recipiente, y detectar la energía con la sonda.
- 20 121. La invención de la reivindicación 119 ó 120, que comprende además detectar el estado de la superficie interior del recipiente en numerosas posiciones poco separadas en la superficie interior del recipiente.
122. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 118-121, en la que la inspección se lleva a cabo insertando una fuente de radiación en el recipiente a través del puerto de recipientes y detectando el estado de la superficie interior del recipiente mediante la detección de radiación de la fuente de radiación utilizando un detector.
- 25 123. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 118-122, que comprende además radiar energía hacia afuera a través de la superficie interior del recipiente y detectar la energía con un detector localizado fuera del recipiente.
124. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 120-123, que comprende además reflejar la radiación desde la superficie interior del recipiente y detectar la energía con un detector localizado dentro del recipiente.
125. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 118-124, que comprende además detectar el estado de la superficie interior del recipiente en numerosas posiciones poco separadas en la superficie interior del recipiente.
- 30 126. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 77-125, en la que el procesamiento en una estación de procesamiento comprende aplicar un revestimiento sobre la superficie interior de un recipiente.
127. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 77-126, en la que el procesamiento en una estación de procesamiento comprende aplicar un revestimiento de barrera sobre la superficie interior de un recipiente.
- 35 128. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 77-127, en la que el procesamiento en una estación de procesamiento comprende aplicar un revestimiento de barrera líquido sobre la superficie interior de un recipiente.
129. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 77-128, en la que el procesamiento en una estación de procesamiento comprende inspeccionar un revestimiento sobre la superficie interior de un recipiente en busca de defectos.
- 40 130. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 77-129, en la que el procesamiento en una estación de procesamiento comprende inspeccionar un revestimiento de barrera sobre la superficie interior de un recipiente en busca de defectos.
131. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 77-130, en la que el procesamiento en una estación de procesamiento comprende inspeccionar un revestimiento aplicado como un líquido sobre la superficie interior de un recipiente en busca de defectos.
- 45 132. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 126-131, que comprende insertar una sonda de detección en el recipiente a través del puerto de recipientes y detectar el estado del revestimiento utilizando la sonda.

133. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 127-132, que comprende además radiar energía hacia adentro a través de la pared del recipiente y detectar la energía con la sonda.
134. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 127-133, que comprende además detectar el estado del revestimiento en numerosas posiciones poco separadas en la superficie interior del recipiente.
- 5 135. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 129-134, que comprende además llevar a cabo la etapa de inspección en un número suficiente de posiciones en toda la superficie interior del recipiente para determinar si el revestimiento evitará de forma efectiva que la presión dentro del recipiente, cuando se vacía inicialmente y su pared se expone a la atmósfera ambiental, aumente hasta más de un 20% de la presión atmosférica ambiental durante una vida útil de un año.
- 10 136. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 129-135, en la que la etapa de inspección se lleva a cabo en un plazo menor o igual a 30 segundos por recipiente.
137. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 129-135, en la que la etapa de inspección se lleva a cabo en un plazo menor o igual a 25 segundos por recipiente.
- 15 138. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 129-135, en la que la etapa de inspección se lleva a cabo en un plazo menor o igual a 20 segundos por recipiente.
139. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 129-135, en la que la etapa de inspección se lleva a cabo en un plazo menor o igual a 15 segundos por recipiente.
140. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 129-135, en la que la etapa de inspección se lleva a cabo en un plazo menor o igual a 10 segundos por recipiente.
- 20 141. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 129-135, en la que las etapas de revestimiento e inspección se llevan a cabo en un plazo menor o igual a 5 segundos por recipiente.
142. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 129-135, en la que las etapas de revestimiento e inspección se llevan a cabo en un plazo menor o igual a 3 segundos por recipiente.
- 25 143. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 129-135, en la que las etapas de revestimiento e inspección se llevan a cabo en un plazo menor o igual a 2 segundos por recipiente.
144. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 129-135, en la que las etapas de revestimiento e inspección se llevan a cabo en un plazo menor o igual a 1 segundos por recipiente.
145. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 129-135, en la que las etapas de revestimiento e inspección se llevan a cabo en un plazo menor o igual a 30 segundos por recipiente.
- 30 146. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 129-135, en la que las etapas de revestimiento e inspección se llevan a cabo en un plazo menor o igual a 25 segundos por recipiente.
147. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 129-135, en la que las etapas de revestimiento e inspección se llevan a cabo en un plazo menor o igual a 20 segundos por recipiente.
- 35 148. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 129-135, en la que las etapas de revestimiento e inspección se llevan a cabo en un plazo menor o igual a 15 segundos por recipiente.
149. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 129-135, en la que las etapas de revestimiento e inspección se llevan a cabo en un plazo menor o igual a 10 segundos por recipiente.
150. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 129-135, en la que las etapas de revestimiento e inspección se llevan a cabo en un plazo menor o igual a 8 segundos por recipiente.
- 40 151. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 129-135, en la que las etapas de revestimiento e inspección se llevan a cabo en un plazo menor o igual a 7 segundos por recipiente.
152. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 129-135, en la que las etapas de revestimiento e inspección se llevan a cabo en un plazo menor o igual a 6 segundos por recipiente.
- 45 153. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 129-135, en la que las etapas de revestimiento e inspección se llevan a cabo en un plazo menor o igual a 5 segundos por recipiente.

154. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 129-135, en la que las etapas de revestimiento e inspección se llevan a cabo en un plazo menor o igual a 4 segundos por recipiente.
155. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 129-135, en la que las etapas de revestimiento e inspección se llevan a cabo en un plazo menor o igual a 3 segundos por recipiente.
- 5 156. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 129-135, que comprende además llevar a cabo la etapa de detección en un número suficiente de posiciones en toda la superficie interior del recipiente para determinar si el recipiente evitará de forma efectiva que la presión dentro del recipiente, cuando se vacía inicialmente y su pared se expone a la atmósfera ambiental, aumente hasta más de un 20% de la presión atmosférica ambiental durante una vida útil de al menos 18 meses.
- 10 157. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 129-135, que comprende además llevar a cabo la etapa de detección en un número suficiente de posiciones en toda la superficie interior del recipiente para determinar si el recipiente evitará de forma efectiva que la presión dentro del recipiente, cuando se vacía inicialmente y su pared se expone a la atmósfera ambiental, aumente hasta más de un 20% de la presión atmosférica ambiental durante una vida útil de al menos dos años.
- 15 158. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 129-135, que comprende además llevar a cabo la etapa de detección en un número suficiente de posiciones en toda la superficie interior del recipiente para determinar si el recipiente evitará de forma efectiva que la presión dentro del recipiente, cuando se vacía inicialmente y su pared se expone a la atmósfera ambiental, aumente hasta más de un 15% de la presión atmosférica ambiental durante una vida útil de un año.
- 20 159. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 129-135, que comprende además llevar a cabo la etapa de detección en un número suficiente de posiciones en toda la superficie interior del recipiente para determinar si el recipiente evitará de forma efectiva que la presión dentro del recipiente, cuando se vacía inicialmente y su pared se expone a la atmósfera ambiental, aumente hasta más de un 10% de la presión atmosférica ambiental durante una vida útil de un año.
- 25 160. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 129-159, en la que la inspección se lleva a cabo insertando una fuente de radiación en el recipiente a través del puerto de recipientes y detectando el estado del revestimiento mediante la detección de radiación de la fuente de radiación utilizando un detector.
161. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 129-160, que comprende además radiar energía hacia afuera a través del revestimiento y la pared del recipiente, y detectar la energía con un detector localizado fuera del recipiente.
162. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 129-161, que comprende además reflejar la radiación desde el revestimiento y la pared del recipiente, y detectar la energía con un detector localizado dentro del recipiente.
- 30 163. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 129-162, que comprende además detectar el estado del revestimiento en numerosas posiciones poco separadas en la superficie interior del recipiente.
164. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 129-163, en la que la inspección en busca de defectos de un revestimiento sobre la superficie interior del recipiente se lleva a cabo midiendo la eficacia de la barrera contra la presión de aire de la pared del recipiente revestida con una barrera.
- 35 165. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 117-164, en la que el revestimiento reduce la transmisión de gases atmosféricos al interior del recipiente a través de su superficie interior.
166. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 117-165, en la que el revestimiento reduce el contacto del contenido del recipiente con la superficie interior.
- 40 167. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 117-166, en la que el revestimiento comprende SiO_x , donde x en esta fórmula es de aproximadamente 1.5 a aproximadamente 2.9, como alternativa de aproximadamente 1.5 a aproximadamente 2.6, como alternativa aproximadamente 2, carbono elemental o una combinación de estos.
168. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 77-167, que comprende además retirar el recipiente del soporte de recipientes tras procesar la superficie interior del recipiente asentado en la segunda estación de procesamiento.
169. La invención de la reivindicación 168, que comprende además:
- 45 después de la etapa de remoción, proporcionar un segundo recipiente que tiene una abertura y una pared que define una superficie interior; y
asentar la abertura del segundo recipiente sobre el puerto de recipientes.

170. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 168-169, que comprende además procesar la superficie interior del segundo recipiente asentado a través del puerto de recipientes en la primera estación de procesamiento.
- 5 171. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 168-170, que comprende además transportar el soporte de recipientes y el segundo recipiente asentado desde la primera estación de procesamiento hasta la segunda estación de procesamiento.
172. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 168-171, que comprende además procesar el segundo recipiente asentado a través del puerto de recipientes en la segunda estación de procesamiento.
- 10 173. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 77-172, que comprende además formar el recipiente en un molde, retirar el recipiente del molde y, en un plazo de 60 segundos después de retirar el recipiente del molde, asentar la abertura del recipiente sobre el puerto de recipientes.
174. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 77-173, que comprende además formar el recipiente en un molde, retirar el recipiente del molde y, en un plazo de 30 segundos después de retirar el recipiente del molde, asentar la abertura del recipiente sobre el puerto de recipientes.
- 15 175. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 77-174, que comprende además formar el recipiente en un molde, retirar el recipiente del molde y, en un plazo de 25 segundos después de retirar el recipiente del molde, asentar la abertura del recipiente sobre el puerto de recipientes.
176. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 77-175, que comprende además formar el recipiente en un molde, retirar el recipiente del molde y, en un plazo de 20 segundos después de retirar el recipiente del molde, asentar la abertura del recipiente sobre el puerto de recipientes.
- 20 177. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 77-176, que comprende además formar el recipiente en un molde, retirar el recipiente del molde y, en un plazo de 15 segundos después de retirar el recipiente del molde, asentar la abertura del recipiente sobre el puerto de recipientes.
178. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 77-177, que comprende además formar el recipiente en un molde, retirar el recipiente del molde y, en un plazo de 10 segundos después de retirar el recipiente del molde, asentar la abertura del recipiente sobre el puerto de recipientes.
- 25 179. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 77-178, que comprende además formar el recipiente en un molde, retirar el recipiente del molde y, en un plazo de 5 segundos después de retirar el recipiente del molde, asentar la abertura del recipiente sobre el puerto de recipientes.
180. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 77-179, que comprende además formar el recipiente en un molde, retirar el recipiente del molde y, en un plazo de 3 segundos después de retirar el recipiente del molde, asentar la abertura del recipiente sobre el puerto de recipientes.
- 30 181. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 77-180, que comprende además formar el recipiente en un molde, retirar el recipiente del molde y, en un plazo de 1 segundo después de retirar el recipiente del molde, asentar la abertura del recipiente sobre el puerto de recipientes.
- 35 **III.B. Transporte de dispositivos de procesamiento hacia soportes de recipientes o viceversa.**
182. Un método para procesar un recipiente, comprendiendo el método:
- proporcionar un primer dispositivo de procesamiento para procesar recipientes;
- proporcionar un segundo dispositivo de procesamiento para procesar los recipientes;
- proporcionar un recipiente que tiene una abertura y una pared que define una superficie interior;
- 40 proporcionar un soporte de recipientes que comprende un puerto de recipientes;
- asentar la abertura del recipiente sobre el puerto de recipientes;
- mover el primer dispositivo de procesamiento para crear un acoplamiento operativo con el soporte de recipientes o viceversa;
- 45 procesar la superficie interior del recipiente asentado a través del puerto de recipientes utilizando el primer dispositivo de procesamiento;

- mover el segundo dispositivo de procesamiento para crear un acoplamiento operativo con el soporte de recipientes o viceversa; y
- procesar la superficie interior del recipiente asentado a través del puerto de recipientes utilizando el segundo dispositivo de procesamiento;
- 5 183. La invención de la reivindicación 182, que comprende además:
proporcionar un tercer dispositivo de procesamiento para procesar recipientes;
mover el tercer dispositivo de procesamiento para crear un acoplamiento operativo con el soporte de recipientes o viceversa;
- 10 procesar la superficie interior del recipiente asentado a través del puerto de recipientes utilizando el tercer dispositivo de procesamiento;
184. La invención de la reivindicación 182 ó 183, en la que el recipiente es generalmente tubular.
185. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 182-184, en la que la abertura está en un extremo del recipiente.
186. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 182-185, en la que el recipiente está hecho de material termoplástico.
- 15 187. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 182-186, en la que el recipiente está hecho de tereftalato de polietileno.
188. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 182-187, en la que el recipiente está hecho de poliolefina.
189. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 182-186, en la que el recipiente está hecho de polipropileno.
- 20 190. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 182-189, en la que el recipiente es lo suficientemente resistente para soportar un vacío interno sustancialmente total sin deformarse sustancialmente cuando se expone a una presión externa de 760 Torr.
191. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 182-190, en la que el recipiente se proporciona mediante moldeo por inyección.
- 25 192. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 182-191, en la que el recipiente se proporciona mediante moldeo por soplado.
193. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 182-192, en la que el soporte de recipientes comprende además un conducto de vacío para extraer un gas de un recipiente asentado en un puerto de recipientes.
194. La invención de la reivindicación 193, en la que el soporte de recipientes comprende además un puerto de vacío que comunica el conducto de vacío con una fuente de vacío exterior.
- 30 195. La invención de la reivindicación 194, en la que el puerto de vacío tiene una junta tórica para recibir y formar un sello contra una fuente de vacío exterior.
196. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 182-195, en la que el soporte de recipientes comprende además un puerto de entrada de gas para transportar un gas al interior de un recipiente asentado en el puerto de recipientes.
- 35 197. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 182-196, en la que el soporte de recipientes comprende un puerto de entrada de gas y un puerto de vacío compuestos en comunicación con el puerto de recipientes, respectivamente para transportar un gas al interior y extraer un gas de un recipiente asentado en el puerto de recipientes.
198. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 182-197, en la que el soporte de recipientes está hecho de material termoplástico.
- 40 199. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 182-198, en la que el puerto de recipientes tiene una junta tórica para recibir y formar un sello contra la abertura del recipiente.
200. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 182-199, en la que un dispositivo de procesamiento está configurado para inspeccionar la superficie interior de un recipiente en busca de defectos.

201. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 182-200, en la que un dispositivo de procesamiento está configurado para aplicar un revestimiento sobre la superficie interior de un recipiente.
202. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 182-201, en la que un dispositivo de procesamiento está configurado para inspeccionar un revestimiento en busca de defectos.
- 5 203. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 182-202, en la que un dispositivo de procesamiento está configurado para medir la pérdida de presión de aire a través de una pared de un recipiente.
204. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 182-203, en la que un dispositivo de procesamiento comprende una superficie de apoyo para soportar el soporte de recipientes en una posición predeterminada mientras se procesa la superficie interior del recipiente asentado con el dispositivo de procesamiento.
- 10 205. La invención de la reivindicación 204, en la que, después de asentar la abertura del recipiente sobre el puerto de recipientes, el soporte de recipientes se transporta acoplado a la superficie de apoyo.
206. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 182-205, en la que otro dispositivo de procesamiento comprende una segunda superficie de apoyo para soportar el soporte de recipientes en una posición predeterminada mientras se procesa la superficie interior del recipiente asentado con el otro dispositivo de procesamiento.
- 15 207. La invención de la reivindicación 206, en la que, después de asentar la abertura del recipiente sobre el puerto de recipientes, el soporte de recipientes se transporta acoplado a la segunda superficie de apoyo.
208. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 182-207, en la que otro dispositivo de procesamiento comprende una tercera superficie de apoyo para soportar el soporte de recipientes en una posición predeterminada mientras se procesa la superficie interior del recipiente asentado a través del puerto de recipientes con el otro dispositivo de procesamiento.
- 20 209. La invención de la reivindicación 208, en la que, después de asentar la abertura del recipiente sobre el puerto de recipientes, el soporte de recipientes se transporta acoplado a la tercera superficie de apoyo.
210. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 182-209, que comprende además:
 proporcionar un tercer dispositivo de procesamiento separado del primer y del segundo dispositivo de procesamiento para procesar recipientes;
 25 transportar el soporte de recipientes y el recipiente asentado desde el segundo dispositivo de procesamiento hasta el tercer dispositivo de procesamiento; y
 procesar la superficie interior del recipiente asentado a través del puerto de recipientes con el tercer dispositivo de procesamiento;
- 30 211. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 182-210, que comprende además asentar la abertura del recipiente sobre el puerto de recipientes en un dispositivo de procesamiento.
212. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 182-211, que comprende además formar un revestimiento sobre el interior de un recipiente a través del puerto de recipientes en un dispositivo de procesamiento.
213. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 182-212, en la que el procesamiento en un dispositivo de procesamiento comprende inspeccionar la superficie interior de un recipiente en busca de defectos.
- 35 214. La invención de la reivindicación 213, en la que la inspección se lleva a cabo insertando una sonda de detección en el recipiente a través del puerto de recipientes y detectando el estado de la superficie interior del recipiente utilizando la sonda.
215. La invención de la reivindicación 214, que comprende además radiar energía hacia el interior a través de la pared del recipiente y la superficie interior del recipiente, y detectar la energía con la sonda.
- 40 216. La invención de la reivindicación 214 ó 215, que comprende además detectar el estado de la superficie interior del recipiente en numerosas posiciones poco separadas en la superficie interior del recipiente.
217. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 213-216, en la que la inspección se lleva a cabo insertando una fuente de radiación en el recipiente a través del puerto de recipientes y detectando el estado de la superficie interior del recipiente mediante la detección de radiación de la fuente de radiación utilizando un detector.

218. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 213-217, que comprende además radiar energía hacia afuera a través de la superficie interior del recipiente y detectar la energía con un detector localizado fuera del recipiente.
219. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 215-216, que comprende además reflejar la radiación desde la superficie interior del recipiente y detectar la energía con un detector localizado dentro del recipiente.
- 5 220. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 213-219, que comprende además detectar el estado de la superficie interior del recipiente en numerosas posiciones poco separadas en la superficie interior del recipiente.
221. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 182-220, en la que el procesamiento en un dispositivo de procesamiento comprende aplicar un revestimiento sobre la superficie interior de un recipiente.
- 10 222. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 182-221, en la que el procesamiento en un dispositivo de procesamiento comprende aplicar un revestimiento como un líquido sobre la superficie interior de un recipiente.
223. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 182-222, en la que el procesamiento en un dispositivo de procesamiento comprende inspeccionar un revestimiento sobre la superficie interior de un recipiente en busca de defectos.
224. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 221-223, que comprende insertar una sonda de detección en el recipiente a través del puerto de recipientes y detectar el estado del revestimiento utilizando la sonda.
- 15 225. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 221-224, que comprende además radiar energía hacia adentro a través de la pared del recipiente y detectar la energía con la sonda.
226. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 221-225, que comprende además detectar el estado del revestimiento en numerosas posiciones poco separadas en la superficie interior del recipiente.
- 20 227. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 223-227, que comprende además llevar a cabo la etapa de inspección en un número suficiente de posiciones en toda la superficie interior del recipiente para determinar si el recipiente evitará de forma efectiva que la presión dentro del recipiente, cuando se vacía inicialmente y su pared se expone a la atmósfera ambiental, aumente hasta más de un 20% de la presión atmosférica ambiental durante una vida útil de un año.
228. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 223-227, en la que la etapa de inspección se lleva a cabo en un plazo menor o igual a 30 segundos por recipiente.
- 25 229. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 223-227, en la que la etapa de inspección se lleva a cabo en un plazo menor o igual a 25 segundos por recipiente.
230. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 223-227, en la que la etapa de inspección se lleva a cabo en un plazo menor o igual a 20 segundos por recipiente.
- 30 231. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 223-227, en la que la etapa de inspección se lleva a cabo en un plazo menor o igual a 15 segundos por recipiente.
232. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 223-227, en la que la etapa de inspección se lleva a cabo en un plazo menor o igual a 10 segundos por recipiente.
233. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 223-227, en la que las etapas de revestimiento e inspección se llevan a cabo en un plazo menor o igual a 30 segundos por recipiente.
- 35 234. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 223-227, en la que las etapas de revestimiento e inspección se llevan a cabo en un plazo menor o igual a 25 segundos por recipiente.
235. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 223-227, en la que las etapas de revestimiento e inspección se llevan a cabo en un plazo menor o igual a 20 segundos por recipiente.
236. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 223-227, en la que las etapas de revestimiento e inspección se llevan a cabo en un plazo menor o igual a 15 segundos por recipiente.
- 40 237. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 223-227, en la que las etapas de revestimiento e inspección se llevan a cabo en un plazo menor o igual a 10 segundos por recipiente.
238. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 223-227, que comprende además llevar a cabo la etapa de detección en un número suficiente de posiciones en toda la superficie interior del recipiente para determinar si el recipiente evitará de forma efectiva que la presión dentro del recipiente, cuando se vacía inicialmente y su pared se expone a la
- 45

atmósfera ambiental, aumente hasta más de un 20% de la presión atmosférica ambiental durante una vida útil de al menos 18 meses.

- 5 239. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 223-227, que comprende además llevar a cabo la etapa de detección en un número suficiente de posiciones en toda la superficie interior del recipiente para determinar si el revestimiento de barrera evitará de forma efectiva que la presión dentro del recipiente, cuando se vacía inicialmente y su pared se expone a la atmósfera ambiental, aumente hasta más de un 20% de la presión atmosférica ambiental durante una vida útil de al menos dos años.
- 10 240. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 223-227, que comprende además llevar a cabo la etapa de detección en un número suficiente de posiciones en toda la superficie interior del recipiente para determinar si el revestimiento de barrera evitará de forma efectiva que la presión dentro del recipiente, cuando se vacía inicialmente y su pared se expone a la atmósfera ambiental, aumente hasta más de un 15% de la presión atmosférica ambiental durante una vida útil de un año.
- 15 241. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 223-227, que comprende además llevar a cabo la etapa de detección en un número suficiente de posiciones en toda la superficie interior del recipiente para determinar si el revestimiento de barrera evitará de forma efectiva que la presión dentro del recipiente, cuando se vacía inicialmente y su pared se expone a la atmósfera ambiental, aumente hasta más de un 10% de la presión atmosférica ambiental durante una vida útil de un año.
- 20 242. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 223-241, en la que la inspección se lleva a cabo insertando una fuente de radiación en el recipiente a través del puerto de recipientes y detectando el estado del revestimiento mediante la detección de radiación de la fuente de radiación utilizando un detector.
243. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 223-242, que comprende además radiar energía hacia afuera a través del revestimiento y la pared del recipiente, y detectar la energía con un detector localizado fuera del recipiente.
244. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 223-243, que comprende además reflejar la radiación desde el revestimiento y la pared del recipiente, y detectar la energía con un detector localizado dentro del recipiente.
- 25 245. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 223-244, que comprende además detectar el estado del revestimiento en numerosas posiciones poco separadas en la superficie interior del recipiente.
246. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 223-245, en la que la inspección en busca de defectos de un revestimiento sobre la superficie interior del recipiente se lleva a cabo midiendo la eficacia de la barrera contra la presión de aire de la pared del recipiente revestida.
- 30 247. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 212-246, en la que el revestimiento reduce la transmisión de gases atmosféricos al interior del recipiente a través de su superficie interior.
248. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 212-247, en la que el revestimiento reduce el contacto del contenido del recipiente con la superficie interior.
- 35 249. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 212-248, en la que el revestimiento comprende SiO_x , donde x en esta fórmula es de aproximadamente 1.5 a aproximadamente 2.9, como alternativa de aproximadamente 1.5 a aproximadamente 2.6, como alternativa aproximadamente 2, carbono elemental, un material a base de flúor, $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$, donde w es 1, x es de aproximadamente 0.5 a 2.4, y es de aproximadamente 0.6 a aproximadamente 3, y z es de 2 a aproximadamente 9, o una combinación de estos.
- 40 250. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 182-249, que comprende además retirar el recipiente del soporte de recipientes tras procesar la superficie interior del recipiente asentado con el segundo dispositivo de procesamiento.
251. La invención de la reivindicación 250, que comprende además:
después de la etapa de remoción, proporcionar un segundo recipiente que tiene una abertura y una pared que define una superficie interior; y
asentar la abertura del segundo recipiente sobre el puerto de recipientes.
- 45 252. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 250-251, que comprende además procesar la superficie interior del segundo recipiente asentado a través del puerto de recipientes con el primer dispositivo de procesamiento.

253. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 250-252, que comprende además transportar el soporte de recipientes y el segundo recipiente asentado desde el primer dispositivo de procesamiento hasta el segundo dispositivo de procesamiento.
- 5 254. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 250-253, que comprende además procesar el segundo recipiente asentado a través del puerto de recipientes con el segundo dispositivo de procesamiento.
255. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 182-254, que comprende además formar el recipiente en un molde, retirar el recipiente del molde y, en un plazo de 60 segundos después de retirar el recipiente del molde, asentar la abertura del recipiente sobre el puerto de recipientes.
- 10 256. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 182-255, que comprende además formar el recipiente en un molde, retirar el recipiente del molde y, en un plazo de 30 segundos después de retirar el recipiente del molde, asentar la abertura del recipiente sobre el puerto de recipientes.
257. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 182-256, que comprende además formar el recipiente en un molde, retirar el recipiente del molde y, en un plazo de 25 segundos después de retirar el recipiente del molde, asentar la abertura del recipiente sobre el puerto de recipientes.
- 15 258. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 182-257, que comprende además formar el recipiente en un molde, retirar el recipiente del molde y, en un plazo de 20 segundos después de retirar el recipiente del molde, asentar la abertura del recipiente sobre el puerto de recipientes.
- 20 259. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 182-258, que comprende además formar el recipiente en un molde, retirar el recipiente del molde y, en un plazo de 15 segundos después de retirar el recipiente del molde, asentar la abertura del recipiente sobre el puerto de recipientes.
260. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 182-259, que comprende además formar el recipiente en un molde, retirar el recipiente del molde y, en un plazo de 10 segundos después de retirar el recipiente del molde, asentar la abertura del recipiente sobre el puerto de recipientes.
- 25 261. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 182-260, que comprende además formar el recipiente en un molde, retirar el recipiente del molde y, en un plazo de 5 segundos después de retirar el recipiente del molde, asentar la abertura del recipiente sobre el puerto de recipientes.
262. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 182-261, que comprende además formar el recipiente en un molde, retirar el recipiente del molde y, en un plazo de 3 segundos después de retirar el recipiente del molde, asentar la abertura del recipiente sobre el puerto de recipientes.
- 30 263. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 182-262, que comprende además formar el recipiente en un molde, retirar el recipiente del molde y, en un plazo de 1 segundo después de retirar el recipiente del molde, asentar la abertura del recipiente sobre el puerto de recipientes.

III.C. Uso de una herramienta de sujeción para transportar tubos desde y hacia una estación de revestimiento

264. Un método de tratamiento por PECVD de un primer recipiente, que comprende:
- 35 proporcionar un primer recipiente que tiene un extremo abierto, un extremo cerrado y una superficie interior;
- proporcionar al menos una primera herramienta de sujeción que está configurada para sujetar y liberar selectivamente el extremo cerrado del primer recipiente;
- sujetar el extremo cerrado del primer recipiente con la primera herramienta de sujeción;
- 40 usando la primera herramienta de sujeción, transportar el primer recipiente hasta situarlo cerca de un soporte de recipientes configurado para posicionar el extremo abierto del primer recipiente;
- usando la primera herramienta de sujeción, hacer que el primer recipiente avance axialmente y asentar su extremo abierto en el soporte de recipientes para establecer una comunicación sellada entre el soporte de recipientes y el interior del primer recipiente;
- introducir al menos un reactivo gaseoso dentro del primer recipiente a través del soporte de recipientes;
- 45 formar plasma dentro del primer recipiente en condiciones efectivas para formar un producto de reacción del reactivo sobre la superficie interior del primer recipiente;

liberar el primer recipiente del soporte de recipientes; y

usando la primera herramienta de sujeción u otra herramienta de sujeción, transportar axialmente el primer recipiente lejos del soporte de recipientes; y

5 liberar el primer recipiente de la herramienta de sujeción usada para transportarlo axialmente lejos del soporte de recipientes.

265. La invención de la reivindicación 264, que comprende además:

proporcionar un recipiente de reacción diferente del primer recipiente, teniendo el recipiente de reacción un extremo abierto y un espacio interior;

10 asentar el extremo abierto del recipiente de reacción en el soporte de recipientes, de esta forma se establece una comunicación sellada entre el soporte de recipientes y el espacio interior del recipiente de reacción;

proporcionar un conducto de reactivo de PECVD dentro del espacio interior;

formar el plasma dentro del espacio interior del recipiente de reacción en condiciones efectivas para retirar al menos una porción de un depósito de un producto de reacción de PECVD del conducto de reactivo;

liberar el recipiente de reacción del soporte de recipientes; y

15 transportar el recipiente de reacción lejos del soporte de recipientes.

266. La invención de la reivindicación 264 ó 265, que comprende además:

proporcionar al menos una segunda herramienta de sujeción;

conectar funcionalmente al menos la primera y segunda herramienta de sujeción a un transportador en serie;

proporcionar un segundo recipiente que tiene un extremo abierto, un extremo cerrado y una superficie interior;

20 proporcionar una herramienta de sujeción configurada para sujetar y liberar selectivamente el extremo cerrado del segundo recipiente;

sujetar el extremo cerrado del segundo recipiente con la herramienta de sujeción;

usando la herramienta de sujeción, transportar el segundo recipiente hasta situarlo cerca de un soporte de recipientes configurado para asentar el extremo abierto del segundo recipiente;

25 usando la herramienta de sujeción, hacer que el segundo recipiente avance axialmente y asentar su extremo abierto en el soporte de recipientes para establecer una comunicación sellada entre el soporte de recipientes y el interior del segundo recipiente;

introducir al menos un reactivo gaseoso dentro del segundo recipiente a través del soporte de recipientes;

30 formar plasma dentro del segundo recipiente en condiciones efectivas para formar un producto de reacción del reactivo sobre la superficie interior del segundo recipiente;

liberar el segundo recipiente del soporte de recipientes; y

usando la segunda herramienta de sujeción u otra herramienta de sujeción, transportar axialmente el segundo recipiente lejos del soporte de recipientes; y

35 liberar el segundo recipiente de la herramienta de sujeción usada para transportarlo axialmente lejos del soporte de recipientes.

IV. Aparato de PECVD para fabricar recipientes

IV.A. Aparato de PECVD que incluye un soporte de recipientes, un electrodo interno y un recipiente como cámara de reacción

267. Un aparato de PECVD que comprende:

40 un soporte de recipientes que tiene un puerto para recibir un recipiente en una posición asentada para el procesamiento;

un electrodo interno posicionado para ser introducido en un recipiente asentado en un soporte de recipientes;

un electrodo externo que tiene una porción interior posicionada para recibir un recipiente asentado en el soporte de recipientes; y

5 una fuente de alimentación que alimenta corriente alterna a al menos el electrodo interno o el externo para formar plasma dentro un recipiente asentado en el soporte de recipientes, definiendo el recipiente una cámara de reacción de plasma.

268. La invención de la reivindicación 267, en la que el electrodo interno es una sonda que tiene una porción distal posicionada para extenderse en general concéntricamente en un recipiente asentado en el soporte de recipientes.

10 268a. La invención de la reivindicación 267 ó 268, que comprende además una fuente de gas reactivo y una alimentación de gas para alimentar un gas reactivo desde la fuente de gas reactivo hasta el interior de un recipiente asentado en el soporte de recipientes.

269. La invención de la reivindicación 268a, en la que la alimentación de gas está en la porción distal del electrodo interno.

270. La invención de la reivindicación 268a o 269, que comprende además un paso dentro del electrodo interno para transportar el gas reactivo desde la fuente de gas reactivo hasta la porción distal del electrodo interno.

15 271. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 267-270, que comprende además una fuente de gas portador y un paso dentro del electrodo interno para transportar un gas portador desde la fuente de gas portador hasta la porción distal del electrodo interno.

20 272. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 267-271, en la que el electrodo externo es generalmente cilíndrico y está posicionado para extenderse en general concéntricamente alrededor de un recipiente asentado en el soporte de recipientes.

273. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 267-272, en la que el electrodo externo comprende una tapa terminal.

274. La invención de la reivindicación 273, en la que un espacio definido entre la tapa terminal y el extremo distal de un recipiente asentado en el soporte de recipientes es esencialmente uniforme.

25 275. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 267-274, en la que un espacio definido entre el electrodo externo y un recipiente asentado en el soporte de recipientes es esencialmente uniforme.

276. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 117-167 ó 212-168, en la que el revestimiento comprende una capa de SiO_x y una capa de $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$, donde w es 1, x en esta fórmula es de aproximadamente 0.5 a aproximadamente 2.4, y es de aproximadamente 0.6 a aproximadamente 3, y z es de 2 a aproximadamente 9.

30 278. La invención de la reivindicación 276 ó 277, en la que la capa de $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$ está depositada sobre una capa de SiO_x que está depositada sobre la superficie interna del recipiente.

279. La invención de la reivindicación 276 ó 277, en la que la capa de SiO_x está depositada entre la capa de $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$ y la superficie interna del recipiente.

35 280. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 276-279, en la que la capa de SiO_x está depositada adyacente a la capa de $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$.

281. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 276-280, en la que la capa de SiO_x está depositada adyacente a la superficie interior del recipiente.

282. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 276-280, en la que la capa de $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$ está depositada adyacente a la superficie interior del recipiente.

40 283. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 280-282, en la que las capas de SiO_x y $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$, son un compuesto graduado de $\text{Si}_w\text{O}_x\text{C}_y\text{H}_z$ a SiO_x .

284. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 267-283, en la que el recipiente comprende además un cierre.

285. La invención de la reivindicación 284, en la que el cierre comprende una superficie orientada hacia el interior expuesta a la cavidad del recipiente.

286. La invención de la reivindicación 284 ó 285, en la que el cierre comprende una superficie en contacto con la pared que está en contacto con la superficie interna de la pared del recipiente.
287. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 284-286, en la que el cierre comprende además un tapón.
288. La invención de la reivindicación 287, en la que el cierre comprende una protección en la que se retiene el tapón.
- 5 289. La invención de la reivindicación 287 ó 288, en la que el tapón comprende una superficie en contacto con la pared que está en contacto con la superficie interna de la pared del recipiente.
290. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 284-289, en la que el tapón comprende una superficie orientada hacia el interior expuesta a la cavidad del recipiente.
- 10 290a. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 267-290, que comprende además una fuente de vacío para eliminar gas de un recipiente asentado en un soporte de recipientes, definiendo el recipiente asentado una cámara de vacío.
291. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 284-290a, en la que una porción de la pared del recipiente que está en contacto con la superficie en contacto con la pared del cierre está revestida con un revestimiento lubricante de $Si_wO_xC_yH_z$.
- 15 301. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 284-300, en la que el revestimiento de $Si_wO_xC_yH_z$ se aplica mediante PECVD.
302. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 291-301, en la que el revestimiento de $Si_wO_xC_yH_z$ tiene un espesor de 0.5 a 5000 nm.
303. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 291-301, en la que el revestimiento de $Si_wO_xC_yH_z$ tiene un espesor de 100 a 5000 nm.
- 20 304. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 291-301, en la que el revestimiento de $Si_wO_xC_yH_z$ tiene un espesor de 200 a 5000 nm.
305. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 291-301, en la que el revestimiento de $Si_wO_xC_yH_z$ tiene un espesor de 500 a 5000 nm.
- 25 306. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 291-301, en la que el revestimiento de $Si_wO_xC_yH_z$ tiene un espesor de 1000 a 5000 nm.
307. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 291-301, en la que el revestimiento de $Si_wO_xC_yH_z$ tiene un espesor de 2000 a 5000 nm.
308. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 291-301, en la que el revestimiento de $Si_wO_xC_yH_z$ tiene un espesor de 3000 a 5000 nm.
- 30 309. La invención de cualquiera de las reivindicaciones 291-301, en la que el revestimiento de $Si_wO_xC_yH_z$ tiene un espesor de 4000 a 10 000 nm.
310. Un aparato de PECVD que comprende:
- un soporte de recipientes que tiene un puerto para recibir un recipiente en una posición asentada para el procesamiento;
- un electrodo interno posicionado para ser introducido en un recipiente asentado en un soporte de recipientes;
- 35 un electrodo externo que tiene una porción interior posicionada para recibir un recipiente asentado en un soporte de recipientes;
- una fuente de alimentación que suministra corriente alterna al electrodo interno y externo para formar un plasma en un recipiente asentado en el soporte de recipientes;
- 40 un drenaje de gas para transferir gas desde o hacia el interior de un recipiente asentado en el puerto para definir una cámara cerrada;
- una fuente de gas reactivo; y

una fuente de gas para alimentar un gas reactivo desde la fuente de gas reactivo hasta un recipiente asentado en el soporte de recipientes.

IV.B. Aparato de PECVD que utiliza una herramienta de sujeción para transportar tubos desde y hacia una estación de revestimiento

5 311. Aparato para el tratamiento por PECVD de un primer recipiente que tiene un extremo abierto, un extremo cerrado y un espacio interior, que comprende:

un soporte de recipientes configurado para asentar el extremo abierto de un recipiente;

una primera herramienta de sujeción configurada para sujetar y liberar selectivamente el extremo cerrado de un recipiente y, mientras sujeta el extremo cerrado del recipiente, transportar el recipiente hasta situarlo cerca del soporte de recipientes;

10 un asiento en el soporte de recipientes, estando el asiento configurado para establecer una comunicación sellada entre el soporte de recipientes y el espacio interior del primer recipiente;

un suministro de reactivo conectado operativamente para introducir al menos un reactivo gaseoso en el primer recipiente a través del soporte de recipientes;

15 un generador de plasma configurado para formar plasma dentro del primer recipiente en condiciones efectivas para formar un producto de reacción del reactivo sobre la superficie interna del primer recipiente;

un mecanismo de liberación de recipientes para liberar el primer recipiente del soporte de recipientes; y

una herramienta de sujeción que es la primera herramienta de sujeción u otra herramienta de sujeción y está configurada para transportar axialmente el primer recipiente lejos del soporte de recipientes y posteriormente liberar el primer recipiente.

312. La invención de la reivindicación 311, que comprende además:

20 un recipiente de reacción diferente del primer recipiente, teniendo el recipiente de reacción un extremo abierto y un espacio interior y estando configurado para asentar su extremo abierto sobre el soporte de recipientes y establecer una comunicación sellada entre el soporte de recipientes y el espacio interior del recipiente de reacción; y

un conducto de reactivo de PECVD posicionado para introducirse en el espacio interior del recipiente de reacción cuando el recipiente de reacción está asentado en el soporte de recipientes;

25 donde el generador de plasma se puede configurar para formar plasma dentro del espacio interior del recipiente de reacción en condiciones efectivas para retirar al menos una porción de un depósito de un producto de reacción de PECVD del conducto de reactivo.

313. La invención de la reivindicación 311 ó 312, que comprende además:

un transportador en serie configurado para transportar herramientas de sujeción; y

30 una segunda herramienta de sujeción configurada para sujetar y liberar selectivamente el extremo cerrado de un recipiente y, mientras sujeta el extremo cerrado del recipiente, transportar el recipiente hasta situarlo cerca del soporte de recipientes;

estando la primera y la segunda herramienta de sujeción conectadas operativamente a un transportador en serie y configuradas para transportar sucesivamente una serie de al menos dos recipientes cerca del soporte de recipientes, asentar los extremos abiertos de los recipientes en el soporte de recipientes y establecer una comunicación sellada entre el soporte de recipientes y el interior del segundo recipiente, transportar axialmente los recipientes lejos del soporte de recipientes y liberar los recipientes de las herramientas de sujeción.

35

V.B. Revestimiento por PECVD de la abertura limitada de un recipiente (capilar de jeringa)

316. Un método para revestir una superficie interna de una abertura limitada de un recipiente generalmente tubular que se ha de procesar mediante PECVD, comprendiendo el método:

40 proporcionar un recipiente generalmente tubular que se ha de procesar y que incluye una superficie externa, una superficie interna que define una cavidad, una abertura más grande con un diámetro interno y una abertura limitada definida por una superficie interna y que tiene un diámetro interno más pequeño que el diámetro interno de la abertura más grande;

proporcionar un recipiente de procesamiento con una cavidad y una abertura en el recipiente de procesamiento.

- conectar la abertura del recipiente de procesamiento con la abertura limitada del recipiente que se ha de procesar para establecer una comunicación entre la cavidad del recipiente que se ha de procesar y la cavidad del recipiente de procesamiento a través de la abertura limitada;
- 5 crear al menos un vacío parcial en la cavidad del recipiente que se ha de procesar y la cavidad del recipiente de procesamiento;
- introducir un reactivo de PECVD a través de la primera abertura, pasando por la cavidad del recipiente que se ha de procesar y después a través de la abertura limitada hasta la cavidad del recipiente de procesamiento; y
- generar plasma junto a la abertura limitada en condiciones efectivas para depositar un revestimiento de un producto de reacción de PECVD en la superficie interna de la abertura limitada.
- 10 317. El método de la reivindicación 316, en el que el recipiente que se ha de procesar es un cilindro de jeringa.
318. El método de la reivindicación 316 ó 317, en el que la abertura limitada tiene un primer conector y la abertura del recipiente de procesamiento tiene un segundo conector adaptado para ajustarse al primer conector con el fin de establecer una comunicación entre la cavidad del recipiente de procesamiento y la cavidad del recipiente que ha de ser procesado.
- 15 319. El método de la reivindicación 318, en el que el primer y el segundo conector son conectores de seguridad de tipo Luer.
320. El método de la reivindicación 319, en el que al menos el primer o el segundo conector está hecho de material electroconductor.
321. El método de la reivindicación 299, 319 ó 320, en el que al menos el primer o el segundo conector está hecho de material electroconductor.
- 20 322. El método de la reivindicación 299, 319, 320 ó 299a, en el que al menos el primer o el segundo conector está hecho de acero inoxidable.
323. El método de la reivindicación 319, en el que el primer y el segundo conector respectivo de seguridad de tipo Luer son macho y hembra.
- 25 324. El método de la reivindicación 299, 319 ó 323, que comprende además un sello posicionado entre el primer y el segundo conector.
325. El método de la reivindicación 324, en el que el sello comprende una junta tórica.
326. El método de la reivindicación 319, 323, 324 ó 325, en el que uno de los conectores comprende un aro de seguridad con una rosca y que define un primer tope generalmente anular orientado axialmente y el otro conector comprende un segundo tope generalmente anular orientado axialmente opuesto al primer tope cuando los conectores están acoplados.
- 30 327. El método de la reivindicación 326, que comprende además un sello anular acoplado entre el primer y el segundo tope.
328. El método de cualquiera de las reivindicaciones 316-318, en el que la comunicación establecida entre la cavidad del recipiente que se ha de procesar y la cavidad del recipiente de procesamiento a través de la abertura limitada es al menos sustancialmente a prueba de fugas.
- 35 329. El método de cualquiera de las reivindicaciones 316-328, en el que la introducción de un reactivo de PECVD a través de la abertura mayor del recipiente que se ha de procesar se lleva a cabo como se indica a continuación:
- proporcionando un electrodo interno generalmente tubular que tiene un paso interior, un extremo próximo, un extremo distal y una abertura distal adyacente al extremo distal y que se comunica con el paso interior;
- 40 insertando el extremo distal del electrodo adyacente a o en la abertura mayor del recipiente que se ha de procesar; y
- alimentando un gas reactivo a través de la abertura distal del electrodo en la cavidad del recipiente que se ha de procesar.
330. El método de la reivindicación 329, en el que el extremo distal del electrodo se posiciona a menos de la mitad de la distancia de la abertura limitada a la abertura mayor del recipiente que se ha de procesar, mientras se alimenta el gas reactivo.

331. El método de la reivindicación 329, en el que el extremo distal del electrodo se posiciona a menos de un 40% de la distancia de la abertura limitada a la abertura mayor del recipiente que se ha de procesar, mientras se alimenta el gas reactivo.
- 5 332. El método de la reivindicación 329, en el que el extremo distal del electrodo se posiciona a menos de un 30% de la distancia de la abertura limitada a la abertura mayor del recipiente que se ha de procesar, mientras se alimenta el gas reactivo.
333. El método de la reivindicación 329, en el que el extremo distal del electrodo se posiciona a menos de un 20% de la distancia de la abertura limitada a la abertura mayor del recipiente que se ha de procesar, mientras se alimenta el gas reactivo.
- 10 334. El método de la reivindicación 329, en el que el extremo distal del electrodo se posiciona a menos de un 15% de la distancia de la abertura limitada a la abertura mayor del recipiente que se ha de procesar, mientras se alimenta el gas reactivo.
335. El método de la reivindicación 329, en el que el extremo distal del electrodo se posiciona a menos de un 10% de la distancia de la abertura limitada a la abertura mayor del recipiente que se ha de procesar, mientras se alimenta el gas reactivo.
- 15 336. El método de la reivindicación 329, en el que el extremo distal del electrodo se posiciona a menos de un 8% de la distancia de la abertura limitada a la abertura mayor del recipiente que se ha de procesar, mientras se alimenta el gas reactivo.
337. El método de la reivindicación 329, en el que el extremo distal del electrodo se posiciona a menos de un 6% de la distancia de la abertura limitada a la abertura mayor del recipiente que se ha de procesar, mientras se alimenta el gas reactivo.
- 20 338. El método de la reivindicación 329, en el que el extremo distal del electrodo se posiciona a menos de un 4% de la distancia de la abertura limitada a la abertura mayor del recipiente que se ha de procesar, mientras se alimenta el gas reactivo.
339. El método de la reivindicación 329, en el que el extremo distal del electrodo se posiciona a menos de un 2% de la distancia de la abertura limitada a la abertura mayor del recipiente que se ha de procesar, mientras se alimenta el gas reactivo.
- 25 340. El método de la reivindicación 329, en el que el extremo distal del electrodo se posiciona a menos de un 1% de la distancia de la abertura limitada a la abertura mayor del recipiente que se ha de procesar, mientras se alimenta el gas reactivo.
- 30 341. El método de la reivindicación 329, en el que el extremo distal del electrodo se posiciona dentro la abertura mayor del recipiente que se ha de de procesar, mientras se alimenta el gas reactivo.
342. El método de la reivindicación 329, en el que el extremo distal del electrodo se posiciona fuera de la abertura mayor del recipiente que se ha de de procesar, mientras se alimenta el gas reactivo.
- 35 343. El método de cualquiera de las reivindicaciones 329-342, en el que el extremo distal del electrodo se posiciona distal respecto a la abertura limitada.
344. El método de cualquiera de las reivindicaciones 329-343, en el que el electrodo se mueve axialmente durante el depósito de un producto de reacción de PECVD.
- 40 345. El método de cualquiera de las reivindicaciones 316-344, en el que el plasma se extiende sustancialmente en toda la cavidad de jeringa y la abertura limitada.
346. El método de cualquiera de las reivindicaciones 316-345, en el que el plasma se extiende sustancialmente en toda la cavidad de jeringa, la abertura limitada y la cavidad del recipiente de procesamiento.
347. El método de cualquiera de las reivindicaciones 316-346, en el que el plasma tiene un color sustancialmente uniforme en toda la cavidad de jeringa y la abertura limitada.
- 45 348. El método de cualquiera de las reivindicaciones 316-347, en el que el plasma tiene un color sustancialmente uniforme sustancialmente en toda la cavidad de jeringa, la abertura limitada y la cavidad del recipiente de procesamiento.

349. El método de cualquiera de las reivindicaciones 316-348, en el que el plasma es sustancialmente estable en toda la cavidad de jeringa y la abertura limitada.
350. El método de cualquiera de las reivindicaciones 316-349, en el que el plasma es sustancialmente estable en toda la cavidad de jeringa, la abertura limitada y la cavidad del recipiente de procesamiento.
- 5 351. El método de cualquiera de las reivindicaciones 316-350, en el que la abertura de recipiente del recipiente de procesamiento es la única abertura.
352. El método de cualquiera de las reivindicaciones 316-351, en el que el volumen de la cavidad del recipiente de procesamiento es inferior al triple del volumen de la cavidad 300 del recipiente 250 que se ha de procesar.
- 10 353. El método de cualquiera de las reivindicaciones 316-352, en el que el volumen de la cavidad del recipiente de procesamiento es inferior al doble del volumen de la cavidad del recipiente que se ha de procesar.
354. El método de cualquiera de las reivindicaciones 316-353, en el que el volumen de la cavidad del recipiente de procesamiento es inferior al volumen de la cavidad del recipiente que se ha de procesar.
355. El método de cualquiera de las reivindicaciones 316-354, en el que el volumen de la cavidad del recipiente de procesamiento es inferior a un 50% del volumen de la cavidad 300 del recipiente 250 que se ha de procesar.
- 15 356. El método de cualquiera de las reivindicaciones 316-355, en el que el volumen de la cavidad del recipiente de procesamiento es inferior a un 25% del volumen de la cavidad 300 del recipiente 250 que se ha de procesar.
357. El método de cualquiera de las reivindicaciones 316-356, que comprende además asentar la abertura mayor del recipiente generalmente tubular que se ha de procesar en un soporte de recipientes antes de crear al menos un vacío parcial dentro de la cavidad 300 del recipiente 250 que se ha de procesar.
- 20 358. El método de la reivindicación 357, que comprende además asentar la abertura mayor del recipiente que se ha de procesar en un puerto del soporte de recipientes.
359. El método de la reivindicación 357 ó 358, que comprende además introducir un electrodo interno dentro del recipiente que se ha de procesar y que está asentado en el soporte de recipientes.
- 25 360. El método de la reivindicación 357, 358 ó 359, que comprende además posicionar el recipiente que se ha de procesar con respecto a un electrodo externo que tiene una porción interior posicionada para recibir el recipiente que se ha de procesar mientras está asentado en el soporte de recipientes.
361. El método de la reivindicación 357, 358, 359 ó 330, que comprende además activar una fuente de alimentación que alimenta corriente alterna al electrodo exterior para formar plasma dentro del recipiente que se ha de procesar y que está asentado en el soporte de recipientes.
- 30 362. El método de la reivindicación 361, que comprende además conectar el electrodo interno a tierra.
363. El método de la reivindicación 357, 358, 359, 360 ó 361, que comprende además proporcionar una fuente de vacío para evacuar el interior del recipiente que se ha de procesar, definiendo el recipiente que se ha de procesar una cámara de vacío.
- 35 364. El método de la reivindicación 363, que comprende además proporcionar una segunda cámara de vacío que rodea el recipiente que se ha de procesar.
365. El método de la reivindicación 364, en el que el interior del recipiente se mantiene a un nivel de vacío menor que la segunda cámara de vacío.
366. El método de la reivindicación 363, en el que el recipiente de procesamiento es un conducto que se comunica con un puerto de vacío en el soporte de recipientes.
- 40 367. El método de cualquiera de las reivindicaciones 357-366, que comprende además una fuente de gas reactivo y una alimentación de gas para alimentar un gas reactivo desde la fuente de gas reactivo hasta el interior del recipiente que se ha de procesar y que está asentado en el soporte de recipientes.

VI. Inspección del recipiente

VI.A. Procesamiento del recipiente que incluye la inspección prerrevestimiento y posrrevestimiento

399. Un método de procesamiento de recipientes para procesar un recipiente de plástico moldeado que tiene una abertura y una pared que define una superficie interior, comprendiendo el método:

inspeccionar la superficie interior del recipiente recién moldeado en busca de defectos;

aplicar un revestimiento sobre la superficie interior del recipiente después de inspeccionar el recipiente recién moldeado; y

5 inspeccionar el revestimiento en busca de defectos.

400. Un método de procesamiento de recipientes para procesar un recipiente de plástico moldeado que tiene una abertura y una pared que define una superficie interior, comprendiendo el método:

inspeccionar la superficie interior del recipiente recién moldeado en busca de defectos;

aplicar un revestimiento de barrera sobre el recipiente después de inspeccionar el recipiente recién moldeado; y

10 inspeccionar la superficie interior del recipiente en busca de defectos después de aplicar el revestimiento de barrera.

401. La invención de la reivindicación 400, en la que la superficie interior del recipiente recién moldeado se inspecciona en numerosas posiciones poco separadas en la superficie interior del recipiente.

402. La invención de la reivindicación 400 ó 401, en la que la superficie interior del recipiente después de aplicar el revestimiento de barrera se inspecciona en numerosas posiciones poco separadas en la superficie interior del recipiente.

15 403. La invención de la reivindicación 400, 401 ó 402, en la que se localizan numerosas posiciones poco separadas en la superficie interior del recipiente y se inspeccionan en el recipiente recién moldeado, se revisten con el revestimiento de barrera y se vuelven a inspeccionar después de aplicar el revestimiento de barrera.

VI.B. Inspección del recipiente detectando la desgasificación de la pared del envase a través de la capa de barrera

404. Un método para inspeccionar una capa de barrera sobre un material que desgasifica un vapor, que comprende:

20 proporcionar una muestra de material que desgasifica un gas y que tiene al menos una capa de barrera parcial; y

medir el gas desgasificado.

405. El método de la reivindicación 404, en el que el material que desgasifica un gas comprende un compuesto polimérico.

25 406. El método de la reivindicación 404 ó 405, en el que el material que desgasifica un gas comprende un compuesto termoplástico.

407. El método de cualquiera de las reivindicaciones 404-406, en el que el material que desgasifica un gas comprende un poliéster.

408. El método de cualquiera de las reivindicaciones 404-407, en el que el material que desgasifica un gas comprende tereftalato de polietileno.

30 409. El método de cualquiera de las reivindicaciones 404-408, en el que el material que desgasifica un gas comprende una poliolefina.

410. El método de cualquiera de las reivindicaciones 404-409, en el que el material que desgasifica un gas comprende polipropileno.

35 411. El método de cualquiera de las reivindicaciones 404-410, en el que el material que desgasifica un gas comprende un copolímero cicloolefínico.

411a. El método de cualquiera de las reivindicaciones 404-411, que comprende además poner en contacto la capa de barrera con agua antes de medir el gas desgasificado.

411b. El método de cualquiera de las reivindicaciones 404-411, que comprende además poner en contacto la capa de barrera con vapor de agua antes de medir el gas desgasificado.

40 411c. El método de cualquiera de las reivindicaciones 404-411, que comprende además poner en contacto la capa de barrera con aire con un 35%-100% de humedad relativa antes de medir el gas desgasificado.

- 411d. El método de cualquiera de las reivindicaciones 404-411, que comprende además poner en contacto la capa de barrera con aire con un 40%-100% de humedad relativa antes de medir el gas desgasificado.
- 411e. El método de cualquiera de las reivindicaciones 404-411, que comprende además poner en contacto la capa de barrera con aire con un 40%-50% de humedad relativa antes de medir el gas desgasificado.
- 5 411f. El método de cualquiera de las reivindicaciones 404-411, que comprende además poner en contacto la capa de barrera con oxígeno antes de medir el gas desgasificado.
- 411g. El método de cualquiera de las reivindicaciones 404-411, que comprende además poner en contacto la capa de barrera con nitrógeno antes de medir el gas desgasificado.
- 10 411h. El método de cualquiera de las reivindicaciones 411a-411g, en el que el tiempo de contacto es de 10 segundos a una hora.
- 411i. El método de cualquiera de las reivindicaciones 411a-411g, en el que el tiempo de contacto es de un minuto a treinta minutos.
- 411j. El método de cualquiera de las reivindicaciones 411a-411g, en el que el tiempo de contacto es de 5 minutos a 25 minutos.
- 15 411k. El método de cualquiera de las reivindicaciones 411a-411g, en el que el tiempo de contacto es de 10 minutos a 20 minutos.
- 411l. El método de cualquiera de las reivindicaciones 404-411k, en el que el gas desgasificado se mide a una presión de 0.1 Torr a 100 Torr.
- 20 411m. El método de cualquiera de las reivindicaciones 404-411k, en el que el gas desgasificado se mide a una presión de 0.2 Torr a 50 Torr.
- 411n. El método de cualquiera de las reivindicaciones 404-411k, en el que el gas desgasificado se mide a una presión de 0.5 Torr a 40 Torr.
- 411o. El método de cualquiera de las reivindicaciones 404-411k, en el que el gas desgasificado se mide a una presión de 1 Torr a 30 Torr.
- 25 411p. El método de cualquiera de las reivindicaciones 404-411k, en el que el gas desgasificado se mide a una presión de 5 Torr a 100 Torr.
- 411q. El método de cualquiera de las reivindicaciones 404-411k, en el que el gas desgasificado se mide a una presión de 10 Torr a 80 Torr.
- 30 411r. El método de cualquiera de las reivindicaciones 404-411k, en el que el gas desgasificado se mide a una presión de 15 Torr a 50 Torr.
- 411s. El método de cualquiera de las reivindicaciones 404-411r, en el que el gas desgasificado se mide a una temperatura de 0 °C a 50 °C.
- 411t. El método de cualquiera de las reivindicaciones 404-411r, en el que el gas desgasificado se mide a una temperatura de 0 °C a 21°C.
- 35 411u. El método de cualquiera de las reivindicaciones 404-411r, en el que el gas desgasificado se mide a una temperatura de 5°C a 20°C.
412. El método de cualquiera de las reivindicaciones 404-411u, en el que el material que desgasifica un gas se proporciona en forma de un recipiente que tiene una pared con una superficie externa y una superficie interna, conteniendo la superficie interna una cavidad.
- 40 413. El método de la reivindicación 412, en el que la capa de barrera se dispone sobre la superficie interna de la pared del recipiente.
414. El método de la reivindicación 412 ó 413, en el que se proporciona una presión diferencial a través de la capa de barrera creando el vacío al menos parcialmente en la cavidad.

415. El método de cualquiera de las reivindicaciones 412-414, que comprende además conectar la cavidad por medio de un conducto a una fuente de vacío para crear el vacío al menos parcialmente en la cavidad.
416. El método de la reivindicación 415, que comprende además proporcionar una celda de medida de la desgasificación que comunica la cavidad con la fuente de vacío.
- 5 417. El método de cualquiera de las reivindicaciones 404-416, en el que la medida se lleva a cabo determinando el volumen de material desgasificado a través de la capa de barrera por intervalo de tiempo.
418. El método de cualquiera de las reivindicaciones 404-417, en el que la medida se lleva a cabo usando tecnología de microflujo.
- 10 419. El método de cualquiera de las reivindicaciones 404-418, en el que la medida se lleva a cabo midiendo la tasa de flujo másico del material desgasificado.
420. El método de cualquiera de las reivindicaciones 404-419, en el que la medida se lleva a cabo en un modo de funcionamiento de flujo molecular.
- 420a. El método de cualquiera de las reivindicaciones 404-420, en el que la medida se lleva a cabo:
 proporcionando al menos una microménsula que tiene la capacidad, cuando está en presencia de un material desgasificado,
 15 de moverse o cambiar de forma;
 exponiendo la microménsula al material desgasificado en condiciones efectivas para provocar que la microménsula se mueva o cambie de forma; y
 detectando el movimiento o forma diferente.
- 20 420b. El método de la reivindicación 420a, en el que la forma diferente se detecta reflejando un haz energético incidente desde una porción de la microménsula que cambia de forma, antes y después de exponer la microménsula a desgasificación, y midiendo la deflexión resultante del haz reflejado en un punto separado de la ménsula.
- 420c. El método de la reivindicación 420b, en el que el haz energético incidente se selecciona entre un haz de fotones, un haz de electrones y una combinación de dos o más de estos.
- 420d. El método de la reivindicación 420b, en el que el haz energético incidente es un haz de fotones.
- 25 420e. El método de la reivindicación 420b, en el que el haz energético incidente es un haz de láser.
- 420f. El método de cualquiera de las reivindicaciones 404-420, en el que la medida se lleva a cabo:
 proporcionando al menos una microménsula que resuena a una frecuencia diferente cuando está en presencia de un
 material desgasificado;
 30 exponiendo la microménsula al material desgasificado en condiciones efectivas para provocar que la microménsula resuene a una frecuencia diferente; y
 detectando la frecuencia resonante diferente.
- 35 420g. El método de la reivindicación 420f, en el que la frecuencia resonante diferente se detecta alimentando energía a la microménsula para inducirla a que resuene antes y después de exponer la microménsula a la desgasificación, y determinando la diferencia entre las frecuencias resonantes antes y después de exponer la microménsula a la desgasificación.
- 420h. El método de la reivindicación 420g, en el que la frecuencia resonante diferente se detecta usando un sensor de vibración armónica.
421. El método de la reivindicación 404, en el que el material que desgasifica un gas se proporciona en forma de una película.
- 40 422. El método de cualquiera de las reivindicaciones 404-421, en el que la capa de barrera es un revestimiento total o parcial sobre una superficie del material que desgasifica.
425. El método de cualquiera de las reivindicaciones 404-424, en el que la capa de barrera comprende SiO_x , donde x es de aproximadamente 1.5 a aproximadamente 2.9.

426. El método de cualquiera de las reivindicaciones 404-425, en el que la capa de barrera consiste esencialmente en SiO_x , donde x es de aproximadamente 1.5 a aproximadamente 2.9.
427. El método de cualquiera de las reivindicaciones 404-426, en el que la capa de barrera tiene menos de 500 nm de espesor.
- 5 428. El método de cualquiera de las reivindicaciones 404-427, en el que la capa de barrera tiene menos de 300 nm de espesor.
429. El método de cualquiera de las reivindicaciones 404-428, en el que la capa de barrera tiene menos de 100 nm de espesor.
- 10 430. El método de cualquiera de las reivindicaciones 404-429, en el que la capa de barrera tiene menos de 80 nm de espesor.
431. El método de cualquiera de las reivindicaciones 404-430, en el que la capa de barrera tiene menos de 60 nm de espesor.
432. El método de cualquiera de las reivindicaciones 404-431, en el que la capa de barrera tiene menos de 50 nm de espesor.
- 15 433. El método de cualquiera de las reivindicaciones 404-432, en el que la capa de barrera tiene menos de 40 nm de espesor.
434. El método de cualquiera de las reivindicaciones 404-433, en el que la capa de barrera tiene menos de 30 nm de espesor.
- 20 435. El método de cualquiera de las reivindicaciones 404-434, en el que la capa de barrera tiene menos de 20 nm de espesor.
436. El método de cualquiera de las reivindicaciones 404-435, en el que la capa de barrera tiene menos de 10 nm de espesor.
437. El método de cualquiera de las reivindicaciones 404-436, en el que la capa de barrera tiene menos de 5 nm de espesor.
- 25 438. El método de cualquiera de las reivindicaciones 404-437, en el que la medida del gas desgasificado se lleva a cabo en condiciones efectivas para distinguir la presencia o ausencia de la capa de barrera.
439. El método de la reivindicación 438, en el que las condiciones efectivas para distinguir la presencia o ausencia de la capa de barrera incluyen una duración de prueba menor de un minuto.
- 30 440. El método de la reivindicación 438, en el que las condiciones efectivas para distinguir la presencia o ausencia de la capa de barrera incluyen una duración de prueba menor de 50 segundos.
441. El método de la reivindicación 438, en el que las condiciones efectivas para distinguir la presencia o ausencia de la capa de barrera incluyen una duración de prueba menor de 40 segundos.
442. El método de la reivindicación 438, en el que las condiciones efectivas para distinguir la presencia o ausencia de la capa de barrera incluyen una duración de prueba menor de 30 segundos.
- 35 443. El método de la reivindicación 438, en el que las condiciones efectivas para distinguir la presencia o ausencia de la capa de barrera incluyen una duración de prueba menor de 20 segundos.
444. El método de la reivindicación 438, en el que las condiciones efectivas para distinguir la presencia o ausencia de la capa de barrera incluyen una duración de prueba menor de 15 segundos.
- 40 445. El método de la reivindicación 438, en el que las condiciones efectivas para distinguir la presencia o ausencia de la capa de barrera incluyen una duración de prueba menor de 10 segundos.
446. El método de la reivindicación 438, en el que las condiciones efectivas para distinguir la presencia o ausencia de la capa de barrera incluyen una duración de prueba menor de 8 segundos.
447. El método de la reivindicación 438, en el que las condiciones efectivas para distinguir la presencia o ausencia de la capa de barrera incluyen una duración de prueba menor de 6 segundos.

448. El método de la reivindicación 438, en el que las condiciones efectivas para distinguir la presencia o ausencia de la capa de barrera incluyen una duración de prueba menor de 4 segundos.
449. El método de la reivindicación 438, en el que las condiciones efectivas para distinguir la presencia o ausencia de la capa de barrera incluyen una duración de prueba menor de 3 segundos.
- 5 450. El método de la reivindicación 438, en el que las condiciones efectivas para distinguir la presencia o ausencia de la capa de barrera incluyen una duración de prueba menor de 2 segundos.
451. El método de la reivindicación 438, en el que las condiciones efectivas para distinguir la presencia o ausencia de la capa de barrera incluyen una duración de prueba menor de 1 segundo.
- 10 452. El método de cualquiera de las reivindicaciones 438-451, en el que la medida de la presencia o ausencia de la capa de barrera se confirma al menos en un nivel seis sigma de certeza.
453. El método de cualquiera de las reivindicaciones 438-452, en el que la medida tiene al menos un nivel seis sigma de certeza.
454. El método de cualquiera de las reivindicaciones 404-453, en el que la medida del gas desgasificado en el lado de presión más baja de la capa de barrera se lleva a cabo en condiciones efectivas para determinar el factor de mejora de la barrera de la capa de barrera en comparación con el mismo material sin una capa de barrera.
- 15 455. El método de cualquiera de las reivindicaciones 404-454, en el que se mide la desgasificación de una pluralidad de gases diferentes.
456. El método de cualquiera de las reivindicaciones 404-455, en el que se mide la desgasificación de sustancialmente todos los gases desgasificados.
- 20 457. El método de cualquiera de las reivindicaciones 404-456, en el que se mide simultáneamente la desgasificación de sustancialmente todos los gases desgasificados.
458. El método de cualquiera de las reivindicaciones 404-457, en el que se mide simultáneamente la desgasificación de sustancialmente todos los gases desgasificados.

REIVINDICACIONES

1. Un soporte de recipientes portátil para un sistema de procesamiento de recipientes y que está adaptado para sostener un recipiente mientras se reviste la superficie interior del recipiente y se inspecciona en busca de defectos y mientras se transporta el recipiente desde una primera estación de procesamiento hasta una segunda estación de procesamiento del sistema de procesamiento de recipientes, comprendiendo el soporte de recipientes:
- 5 un puerto de recipientes configurado para asentar una abertura del recipiente y para procesar la superficie interior del recipiente asentado a través del puerto de recipientes en la primera estación de procesamiento y en la segunda estación de procesamiento;
- 10 un conducto de vacío y un puerto de vacío externo para extraer un gas a través del puerto de recipientes del interior del recipiente asentado;
- donde el soporte de recipientes está adaptado para mantener un vacío en el interior del recipiente asentado, de modo que no se necesita una cámara de vacío adicional para procesar el recipiente.
2. El soporte de recipientes portátil de la reivindicación 1, que comprende además:
- 15 un segundo puerto para recibir un suministro de gas o ventilación externa;
- un conducto para el paso de un gas entre la abertura del recipiente asentado en el puerto de recipientes y el segundo puerto.
3. El soporte de recipientes portátil de una de las reivindicaciones precedentes, donde el soporte de recipientes portátil pesa menos de 2.25 kg.
- 20 4. El soporte de recipientes portátil de una de las reivindicaciones precedentes, donde el puerto de vacío externo (96) también incorpora un puerto de entrada de gas (108), contenido dentro del puerto de vacío para transportar gas al interior del recipiente asentado.
5. El soporte de recipientes portátil de una de las reivindicaciones precedentes, donde el procesamiento del recipiente comprende un revestimiento de la superficie interior del recipiente asentado.
- 25 6. soporte de recipientes portátil de una de las reivindicaciones precedentes, donde el soporte de recipientes está hecho esencialmente de material termoplástico.
7. El soporte de recipientes portátil de una de las reivindicaciones precedentes, que comprende además:
- una pared interna cilíndrica para recibir una pared cilíndrica del recipiente;
- una primera ranura anular en la superficie interna cilíndrica y que es coaxial respecto a esta;
- 30 una primera junta tórica dispuesta en la primera ranura anular para proporcionar un sello entre el recipiente asentado y el soporte de recipientes.
8. El soporte de recipientes portátil de una de las reivindicaciones precedentes, que comprende además:
- que comprende además un tope que se extiende radialmente adyacente a la superficie interna cilíndrica redonda contra el cual el extremo abierto del recipiente asentado se puede fijar.
- 35 9. El soporte de recipientes portátil de una de las reivindicaciones precedentes, que comprende además:
- una segunda ranura anular en la superficie interna cilíndrica, que es coaxial respecto a esta y que está espaciada axialmente de la primera ranura anular;
- una segunda junta tórica dispuesta en la segunda ranura anular para proporcionar un sello entre el recipiente asentado y el soporte de recipientes.
- 40 10. El soporte de recipientes portátil de una de las reivindicaciones precedentes, que comprende además:
- un primer detector (5702, 5703) para examinar el espacio interior del recipiente a través del puerto de recipientes con el fin de inspeccionar la superficie interior del recipiente asentado en busca de defectos.
11. El soporte de recipientes portátil de una de las reivindicaciones precedentes, que comprende además:
- un molde (208, 210) para formar el recipiente.
- 45 12. Un sistema de procesamiento de recipientes para revestir un recipiente, comprendiendo el sistema:
- un soporte de recipientes de una de las reivindicaciones 1-11.
13. Un método para procesar un recipiente, comprendiendo el método las siguientes etapas:
- asentar una abertura del recipiente en un puerto de recipientes de un soporte de recipientes;
- revestir una superficie interior del recipiente a través del puerto de recipientes;
- 50 inspeccionar el revestimiento en busca de defectos a través del puerto de recipientes;

- transportar el recipiente desde una primera estación de procesamiento hasta una segunda estación de procesamiento; sostener el recipiente asentado durante el revestimiento, la inspección y el transporte con el soporte de recipientes; donde el soporte de recipientes comprende
- 5 un conducto de vacío y un puerto de vacío externo para extraer un gas a través del puerto de recipientes del interior del recipiente asentado;
- donde el soporte de recipientes está adaptado para mantener un vacío en el interior del recipiente asentado, de modo que no se necesita una cámara de vacío adicional para procesar el recipiente.
14. El uso de un soporte de recipientes de una de las reivindicaciones 1-11 para fabricar un tubo de sangre para almacenar sangre, una jeringa para almacenar un compuesto o composición biológicamente activa, o un vial para almacenar un
- 10 compuesto o composición biológicamente activa, o un catéter para transportar compuestos o composiciones biológicamente activas, o una cubeta para contener un compuesto o composición biológicamente activa.

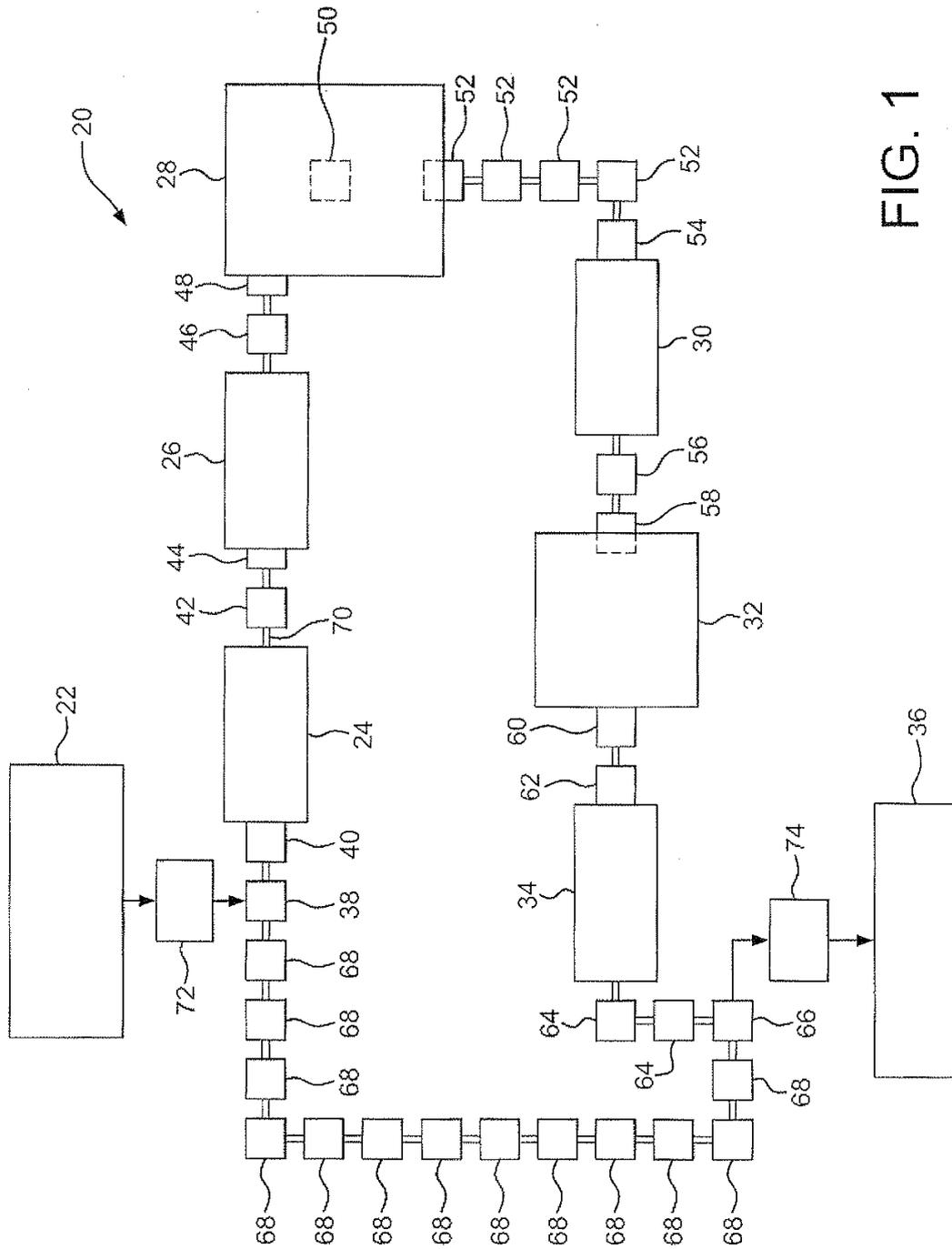


FIG. 1

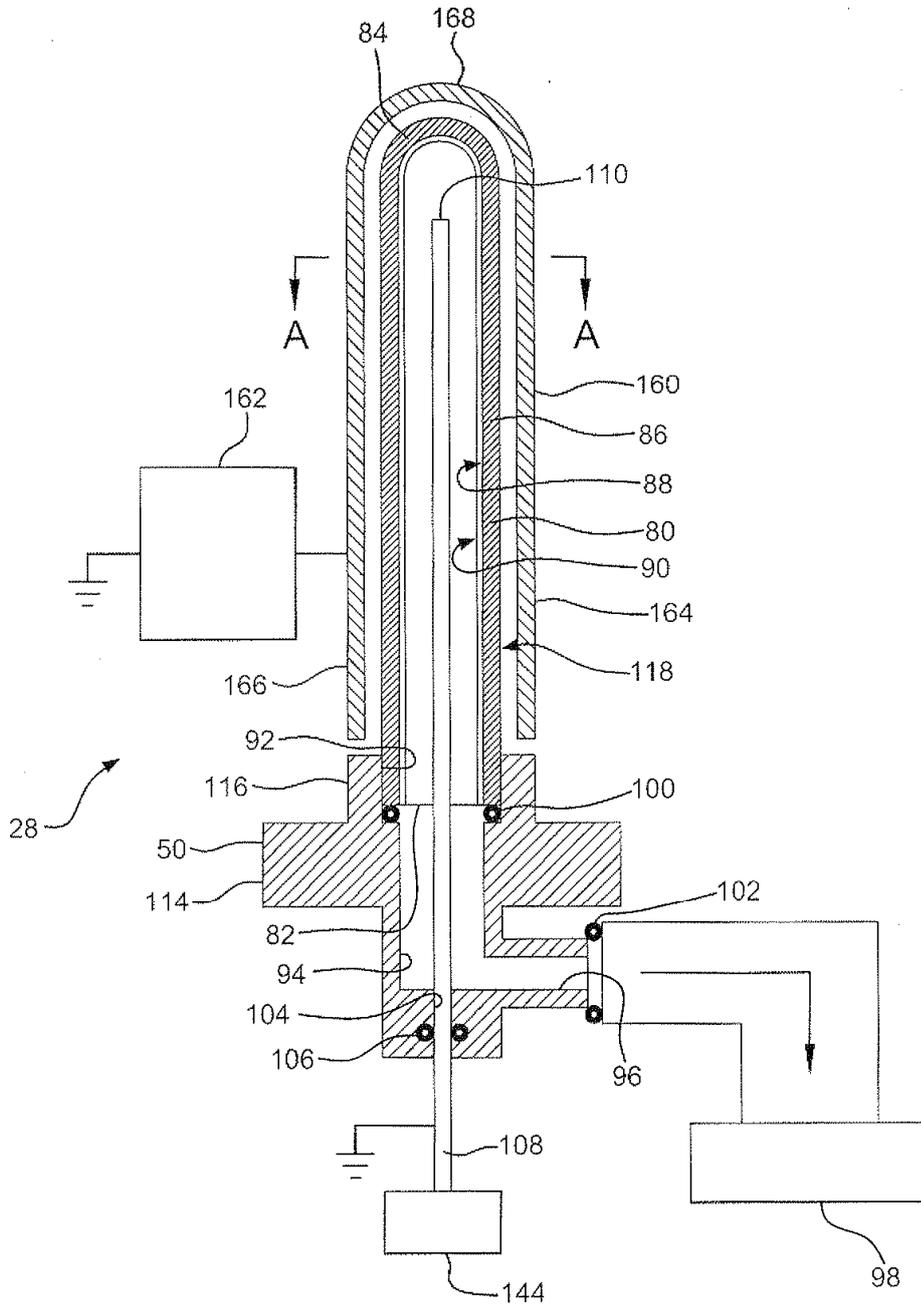


FIG. 2

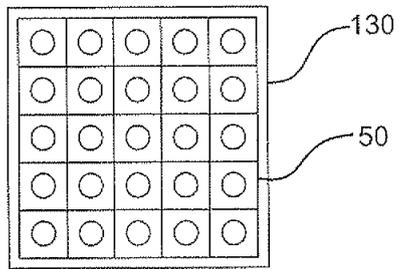
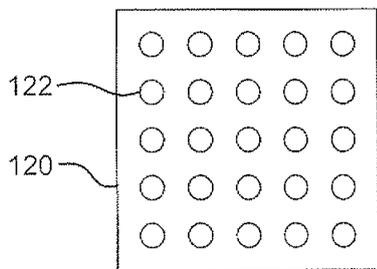
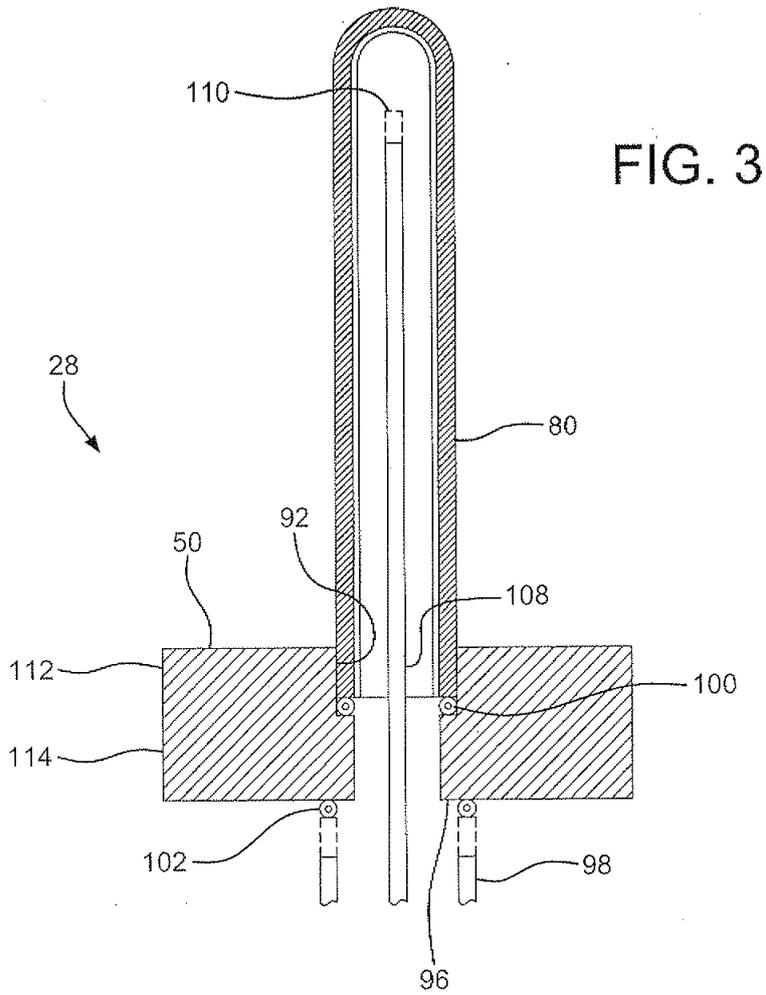


FIG. 7

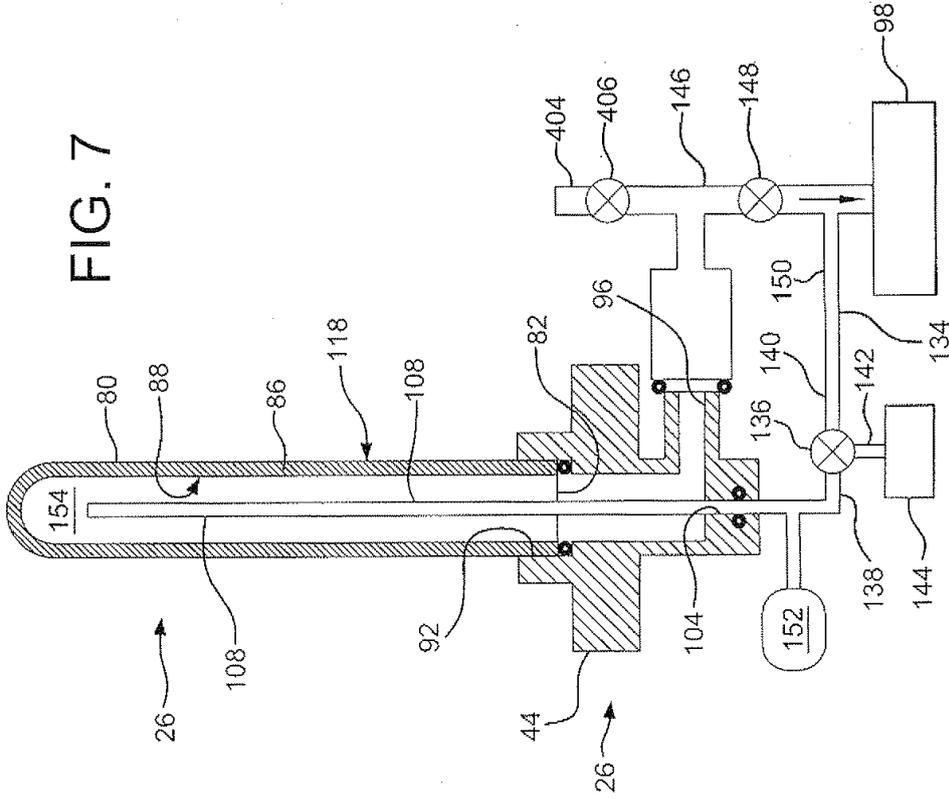
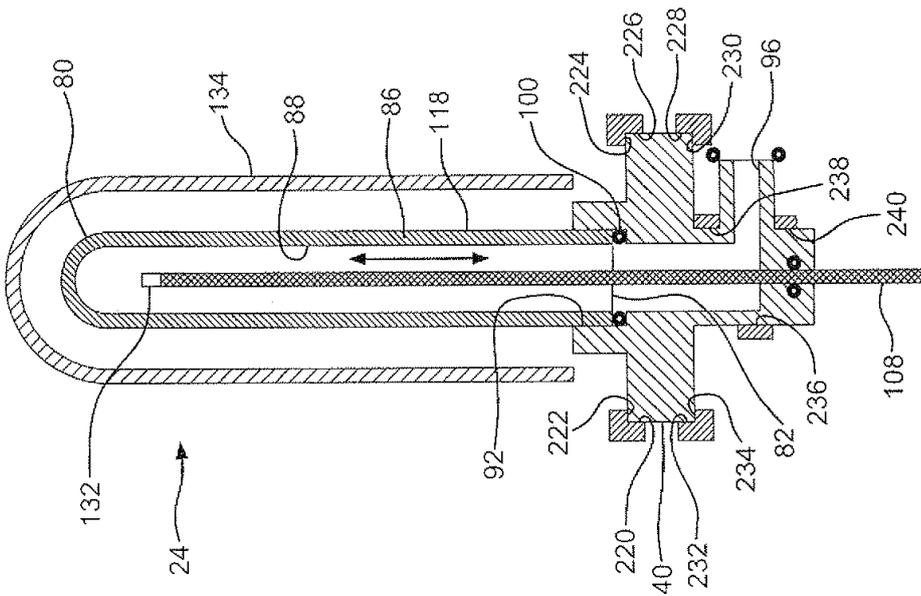


FIG. 6



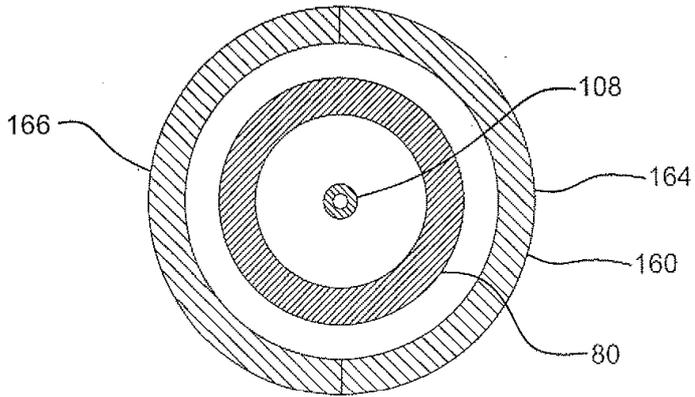


FIG. 8

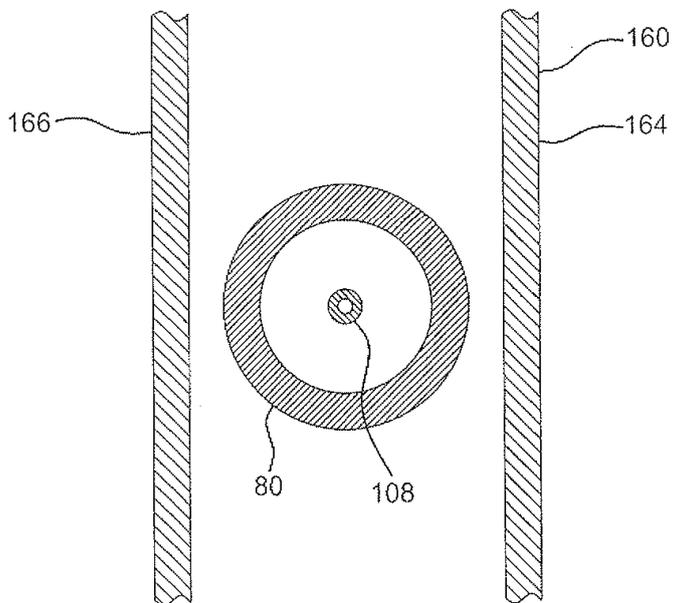


FIG. 9

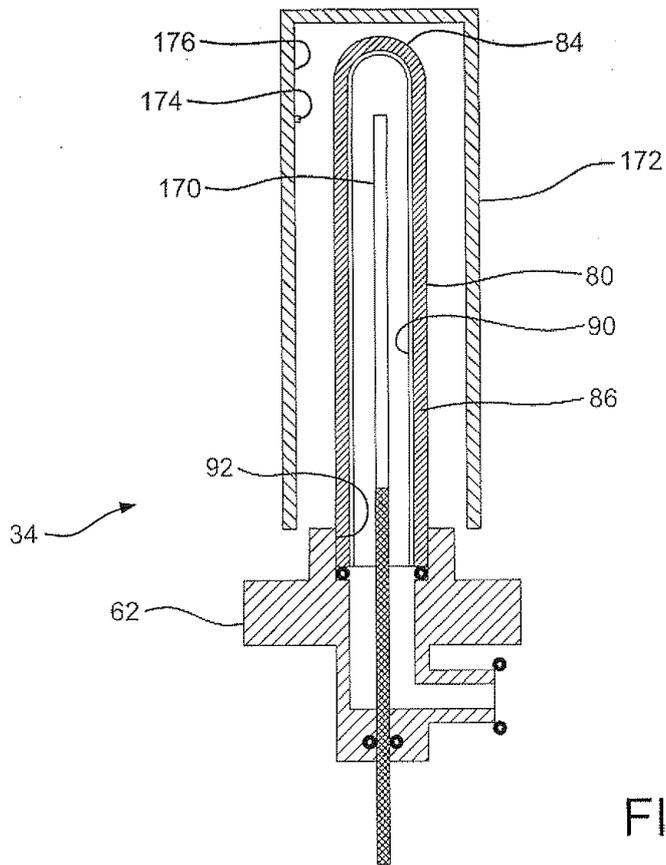


FIG. 10

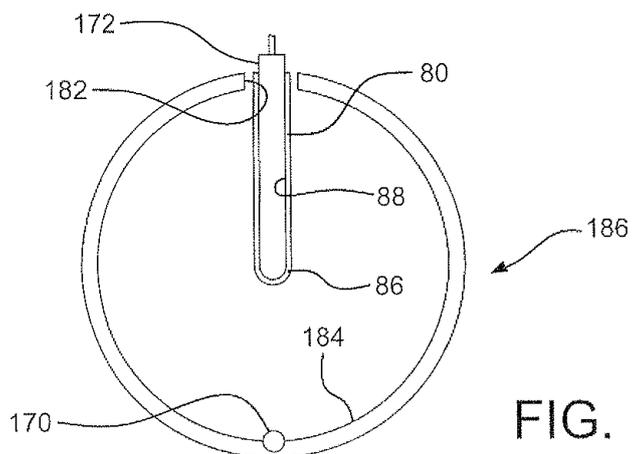


FIG. 11

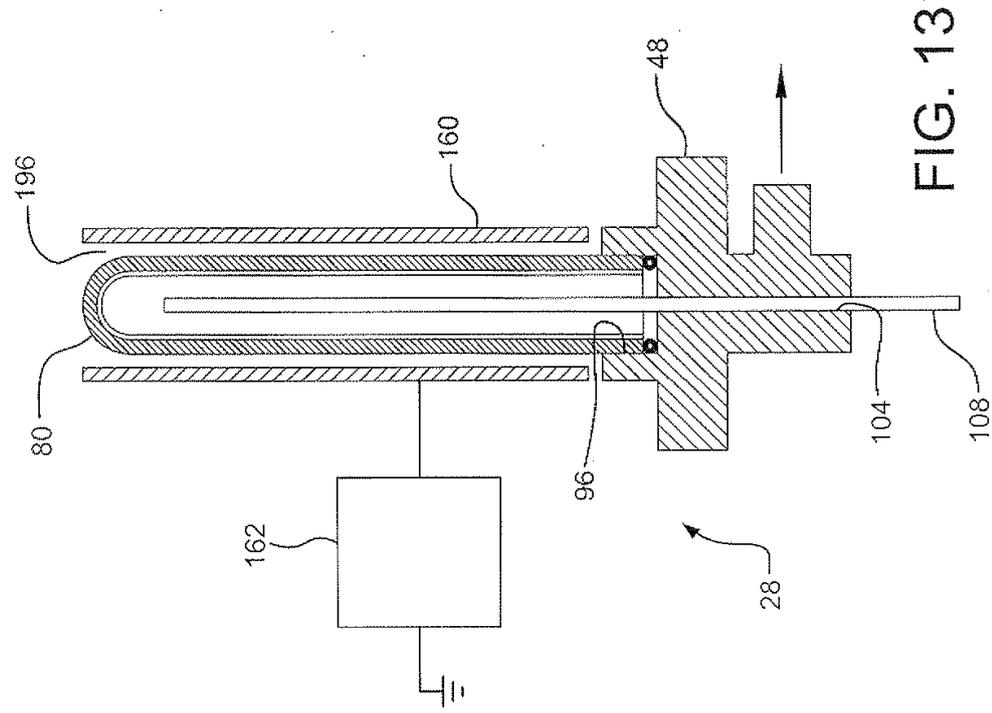


FIG. 13

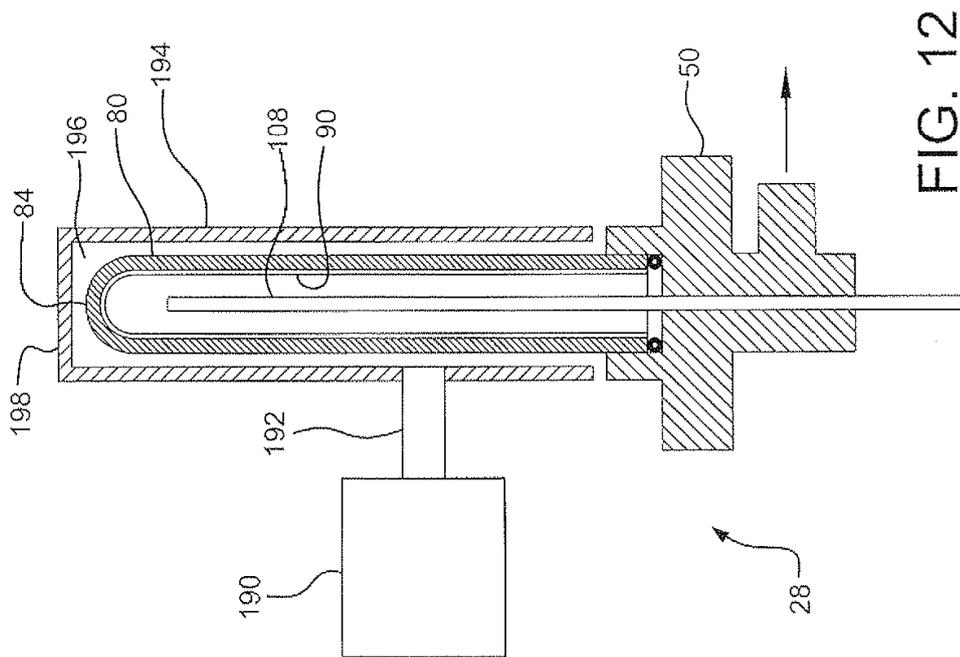


FIG. 12

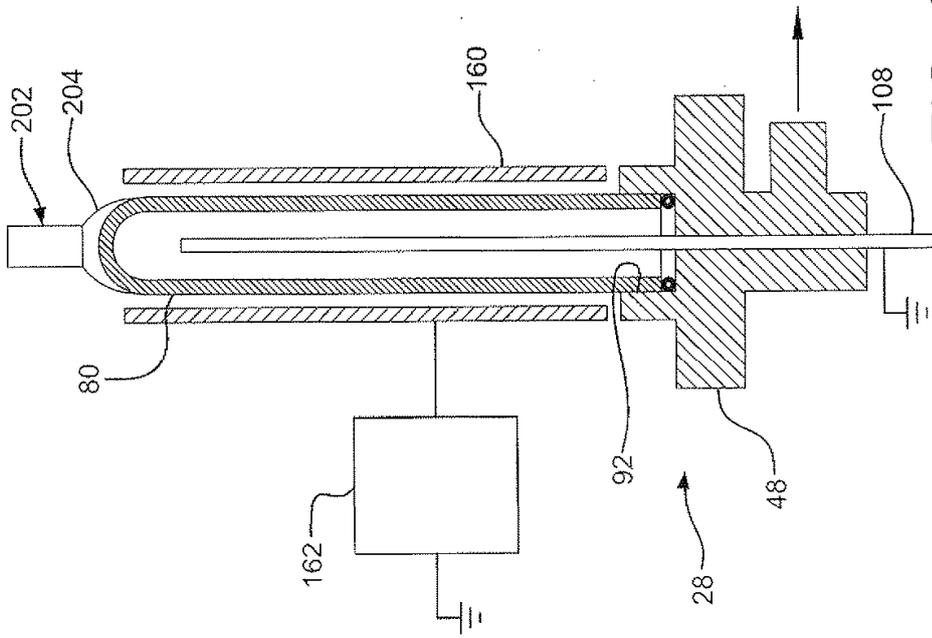


FIG. 15

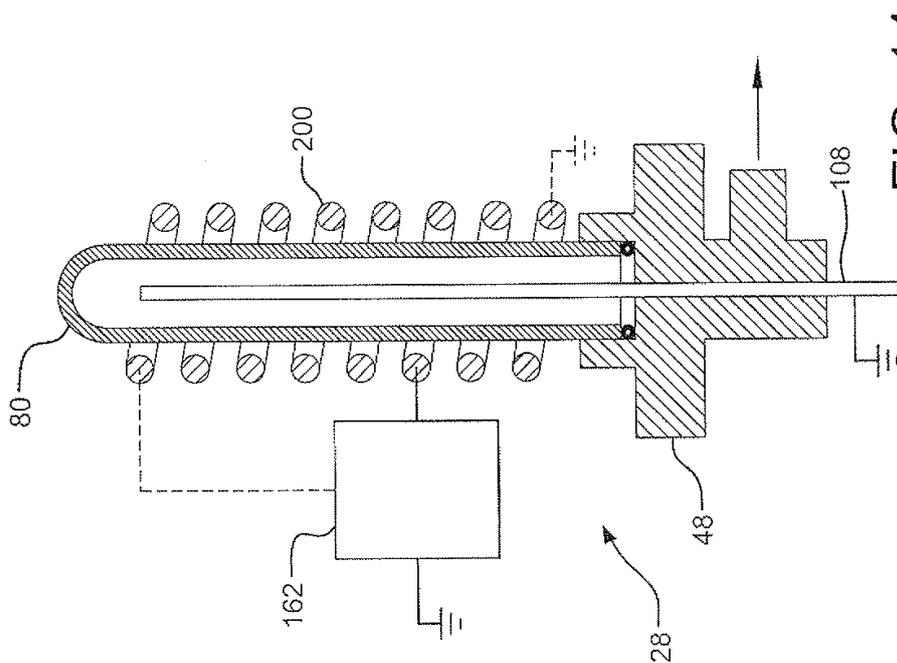


FIG. 14

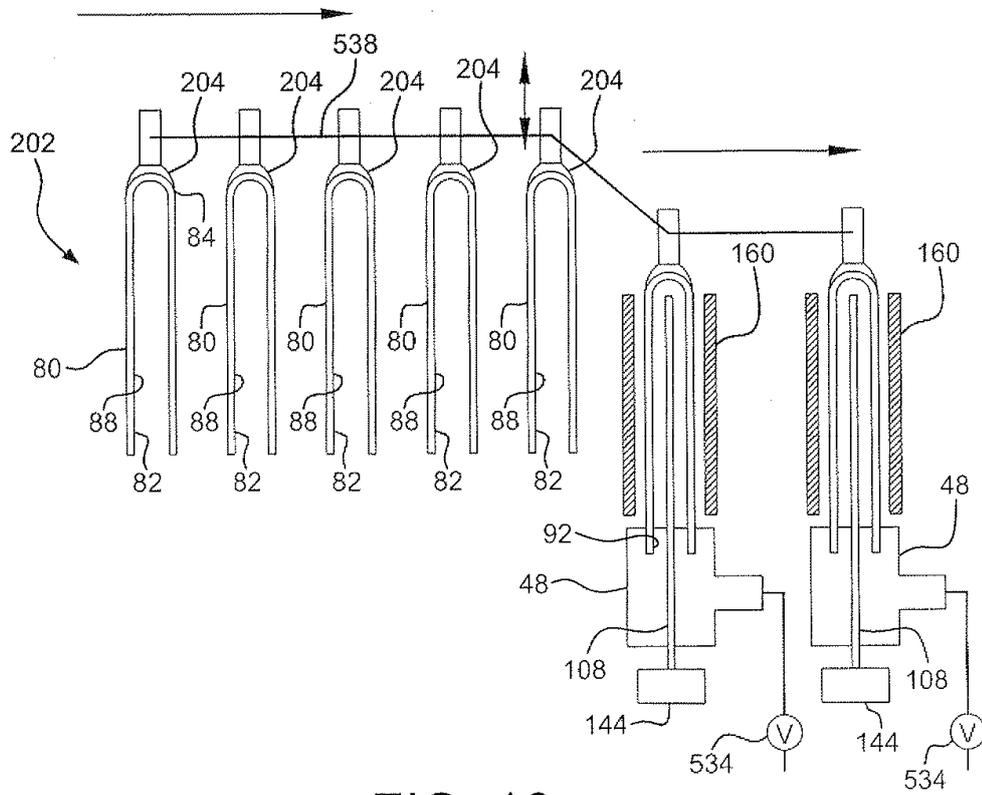


FIG. 16

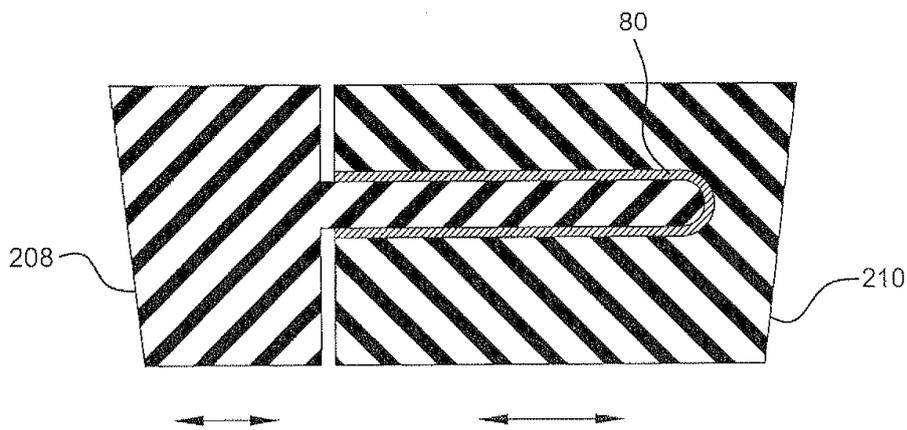


FIG. 17

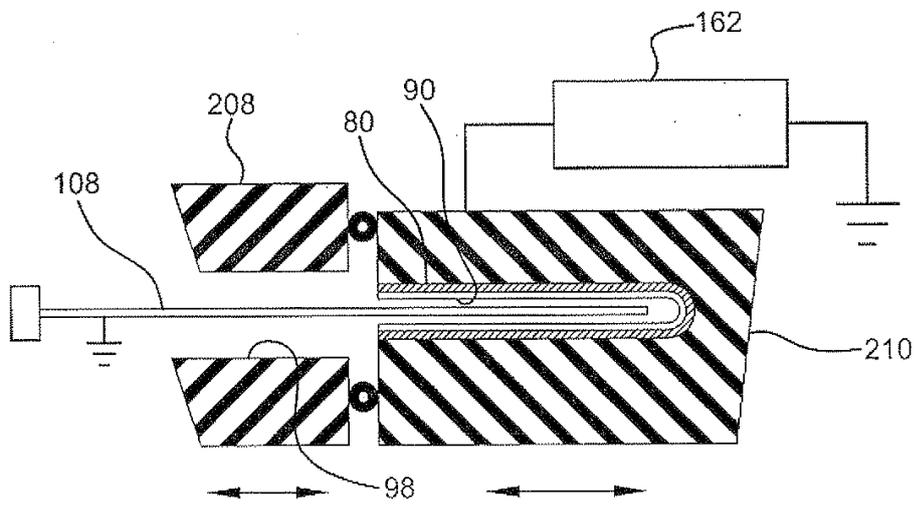


FIG. 18

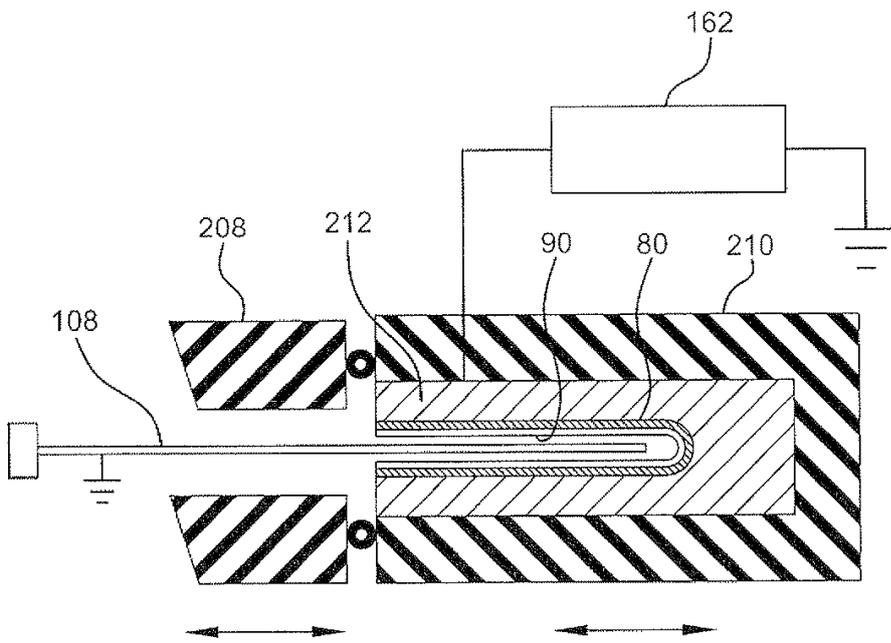


FIG. 19

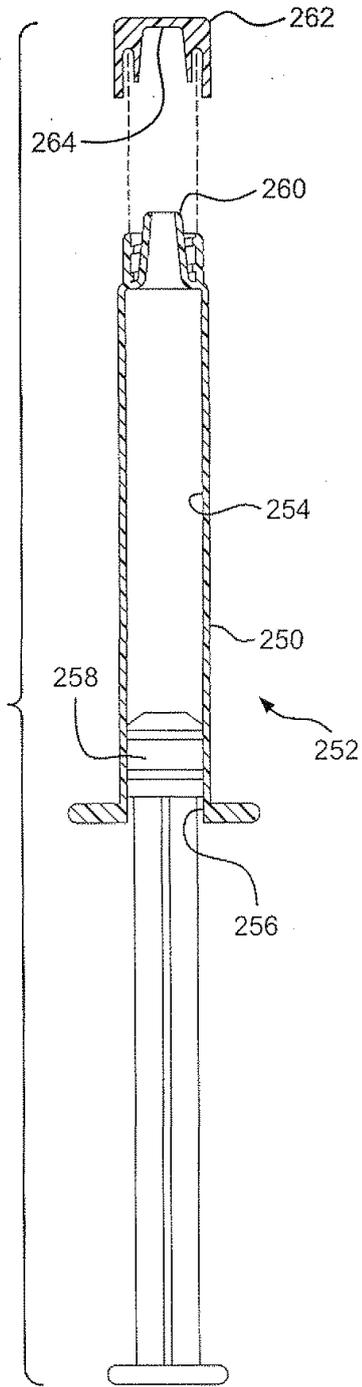


FIG. 20

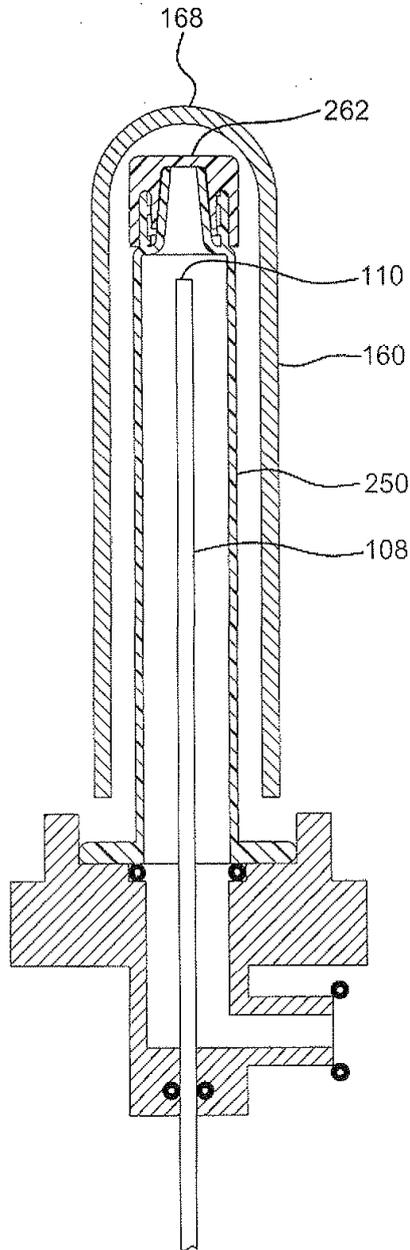


FIG. 21

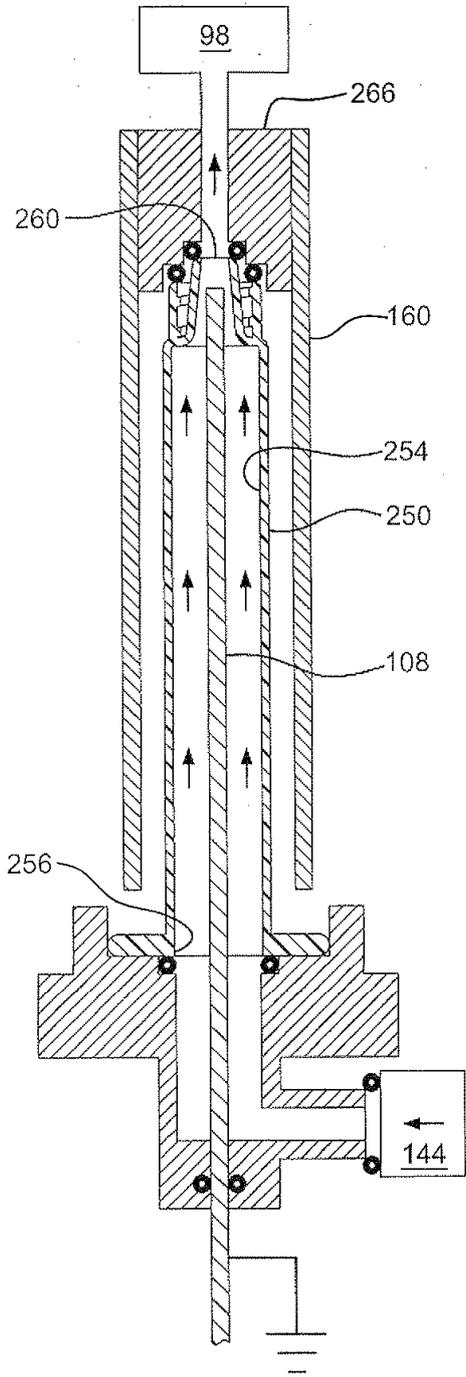


FIG. 22

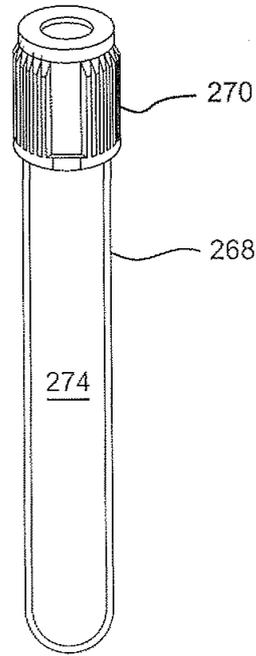


FIG. 23

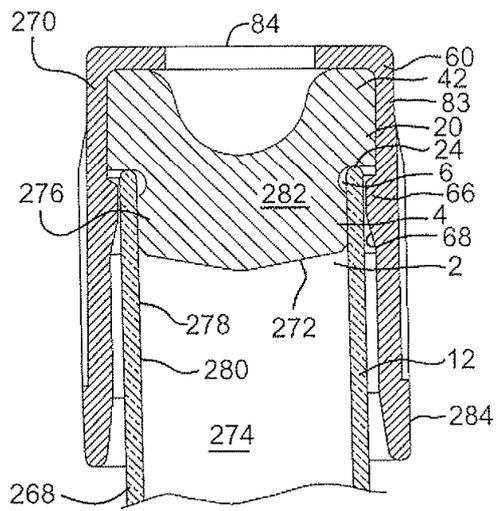


FIG. 24

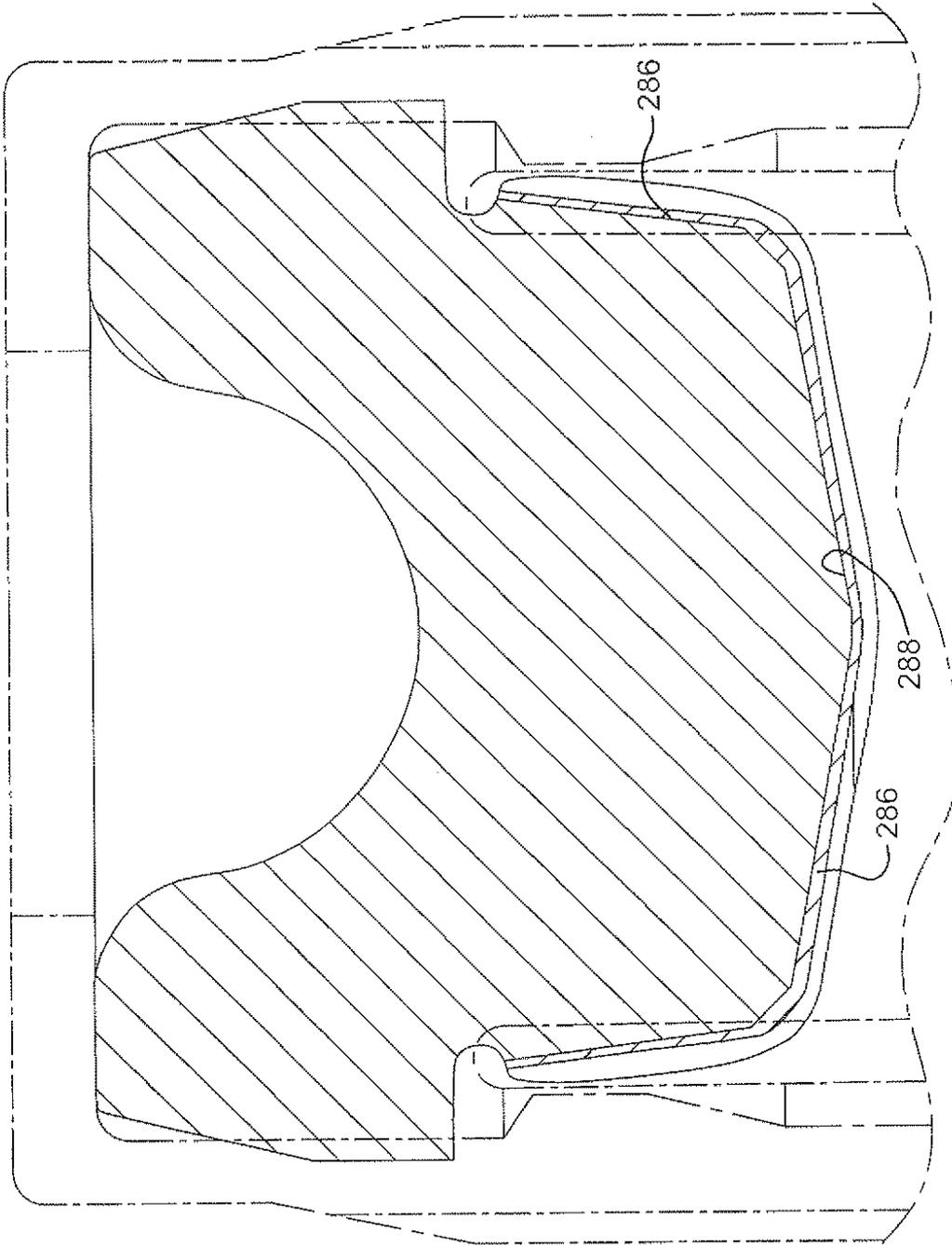


FIG. 25

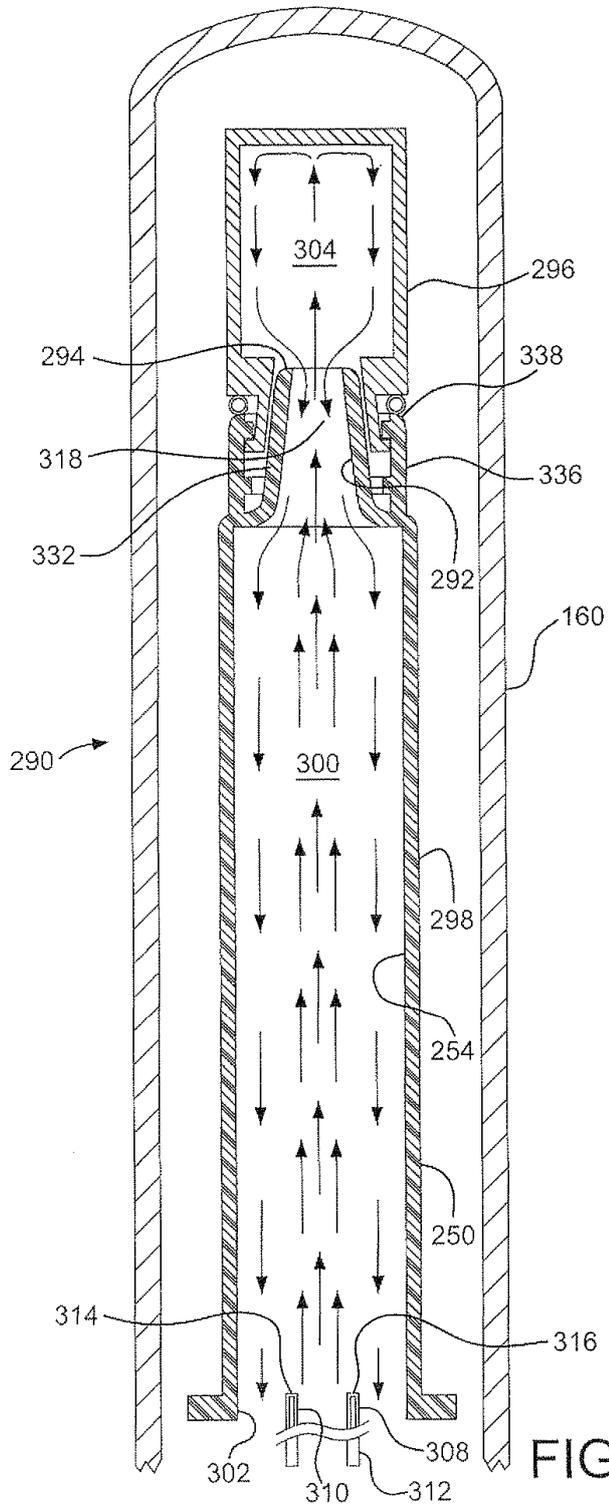


FIG. 26

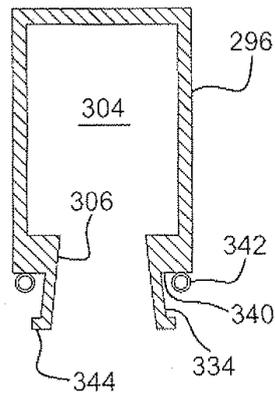
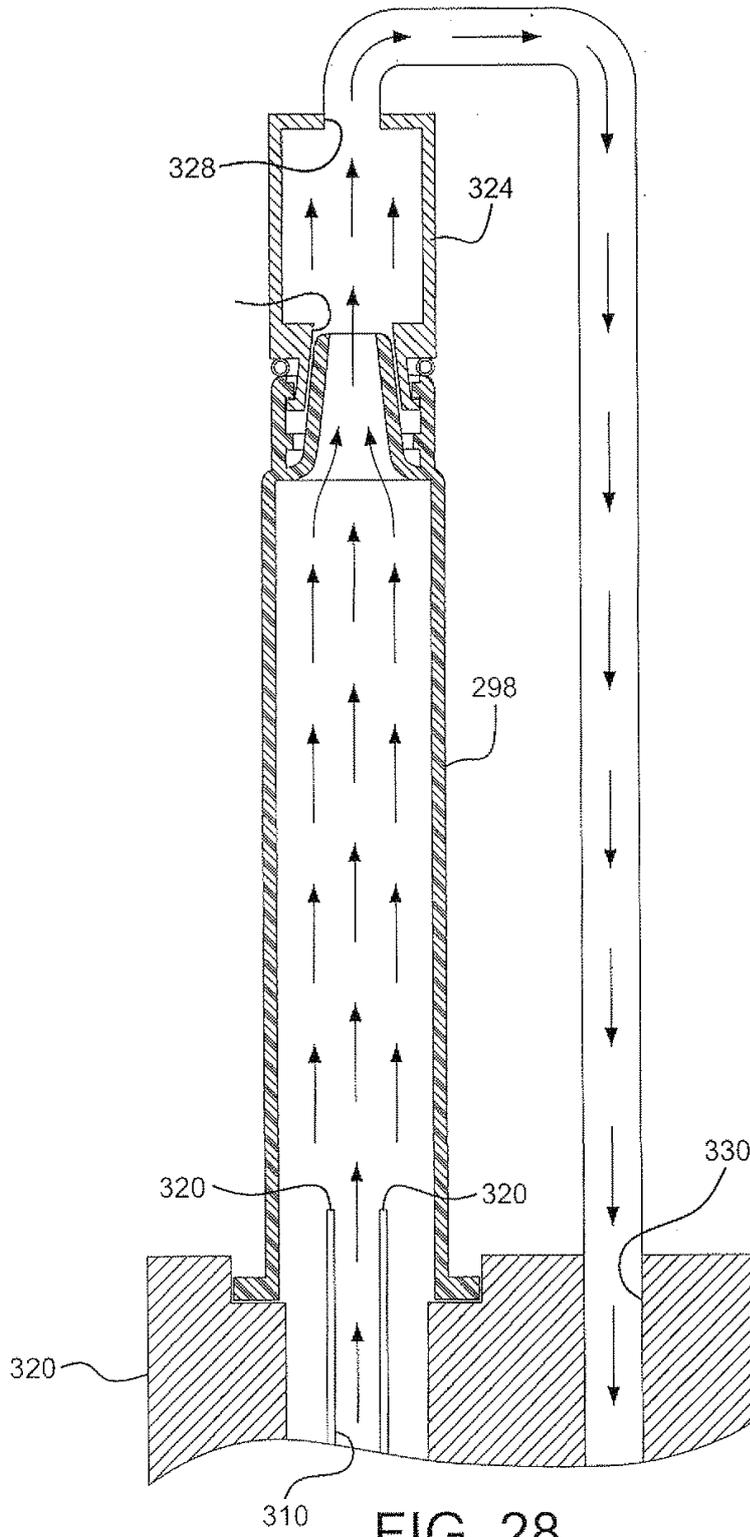


FIG. 27



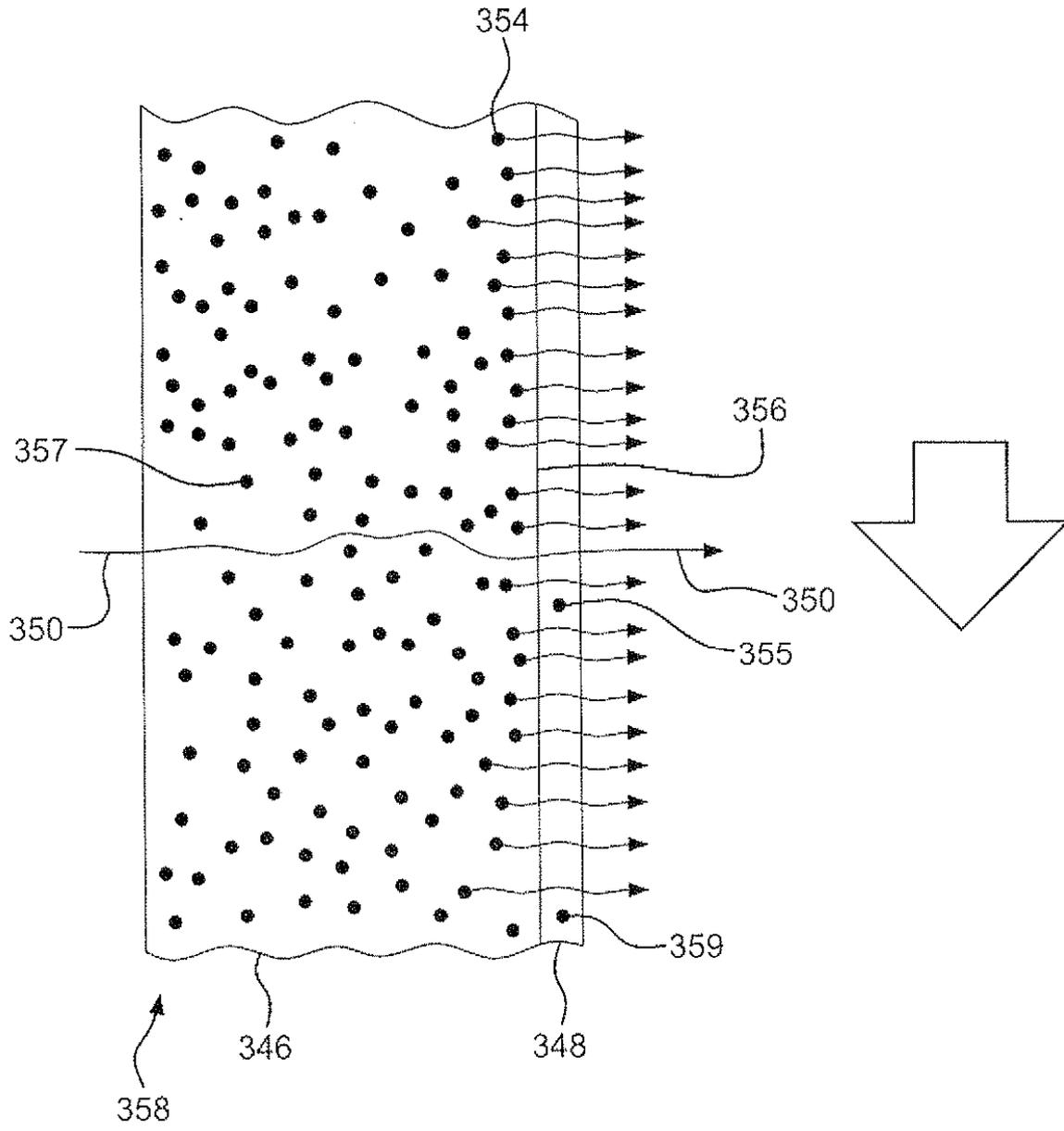


FIG. 29

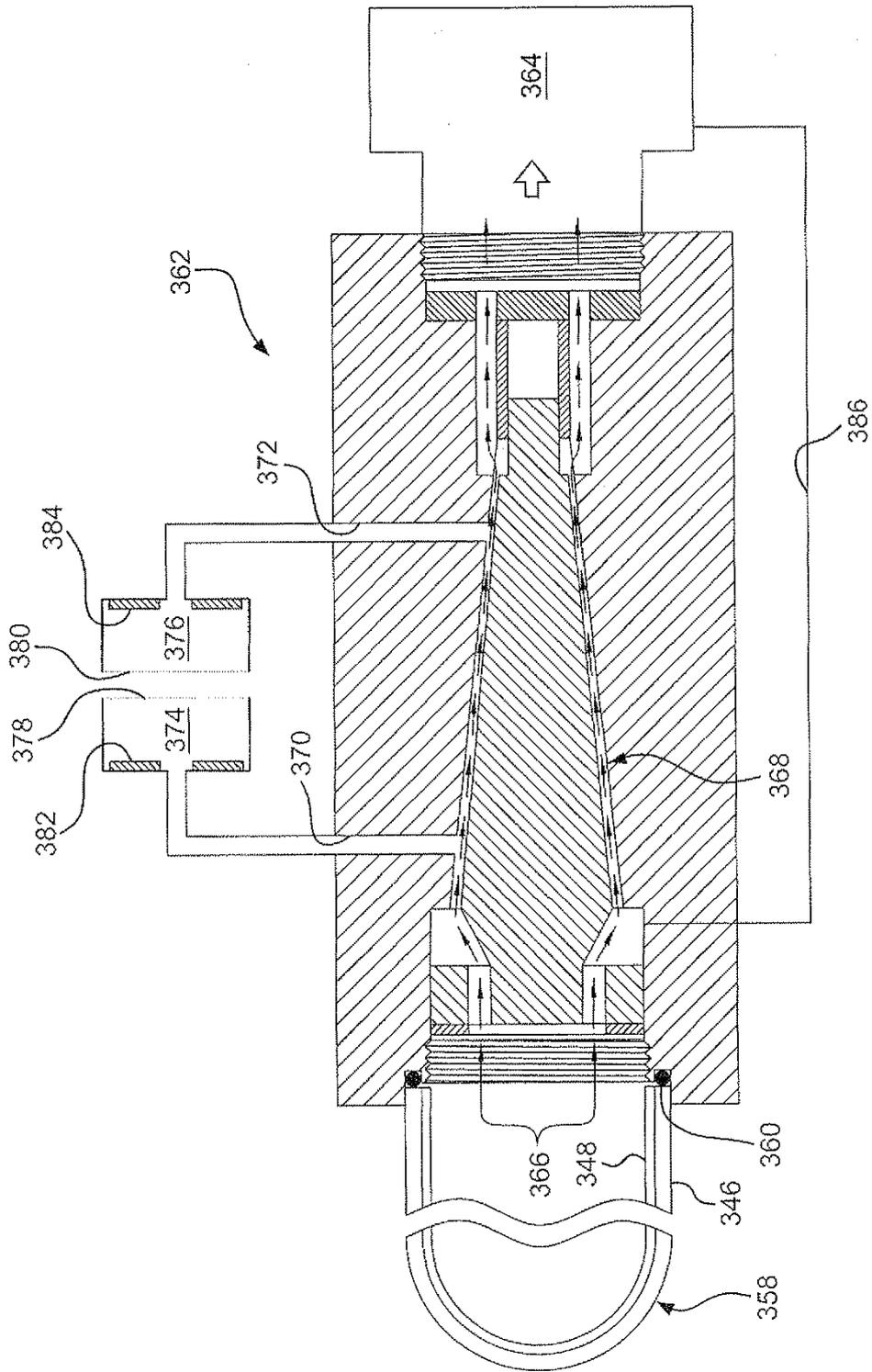


FIG. 30

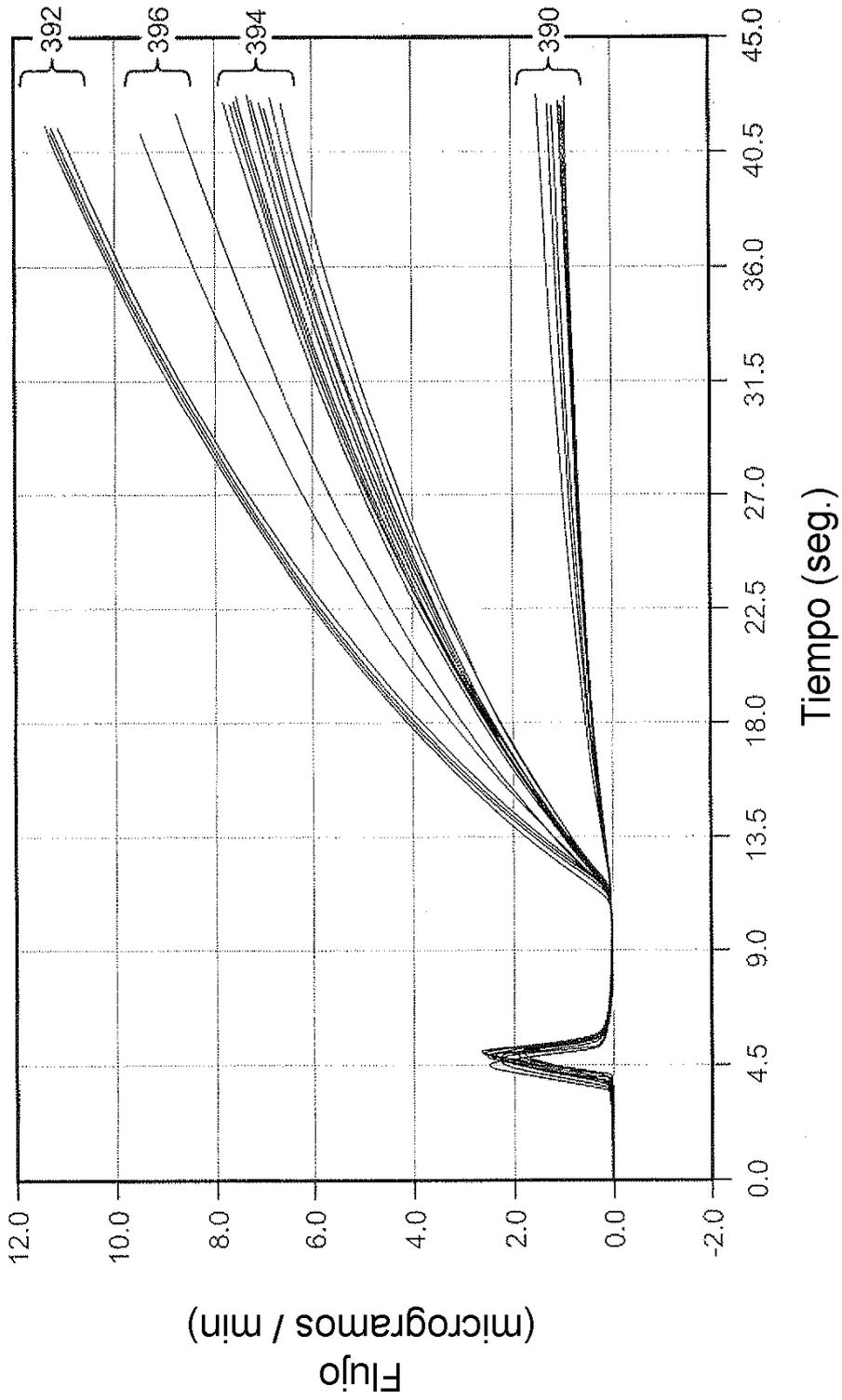


FIG. 31

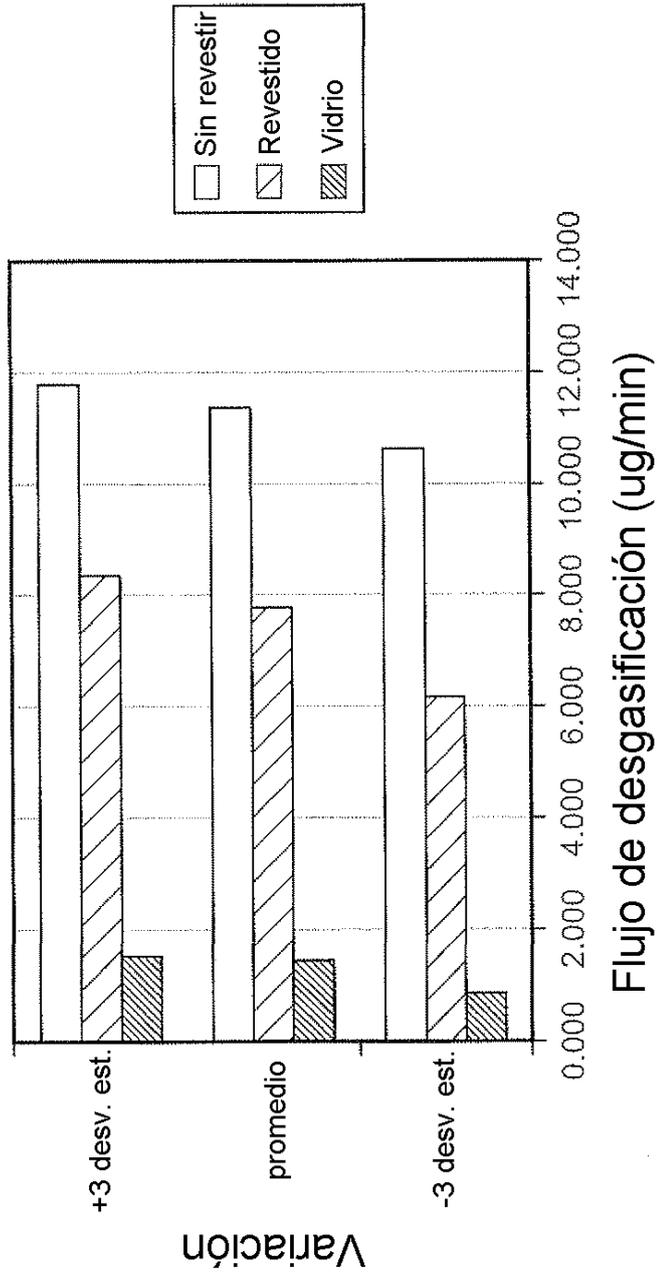


FIG. 32

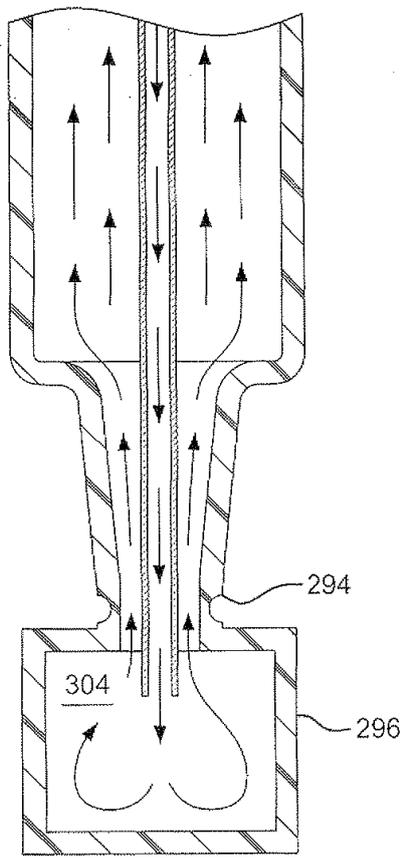


FIG. 33

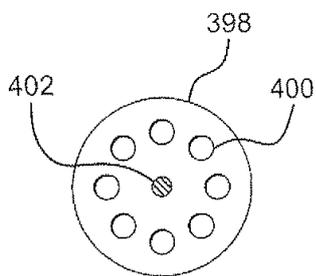


FIG. 35

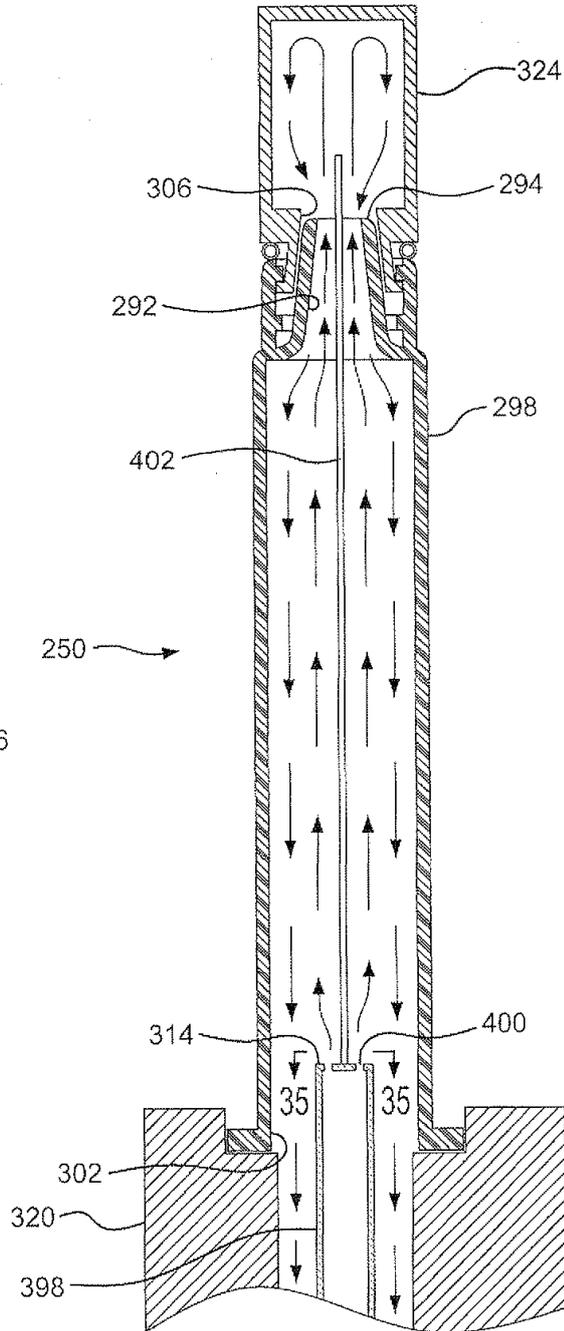


FIG. 34

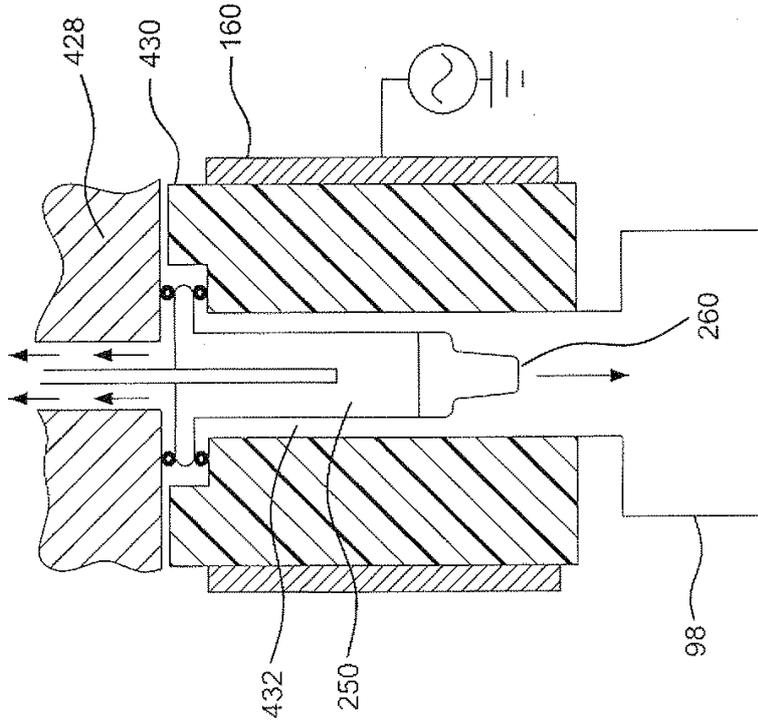


FIG. 39

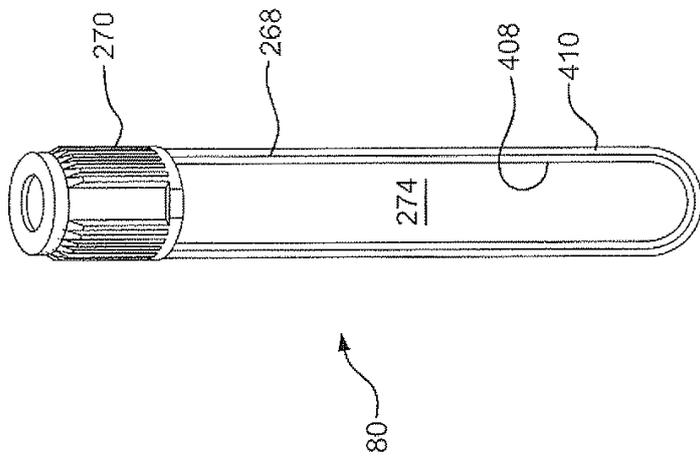


FIG. 36

FIG. 37

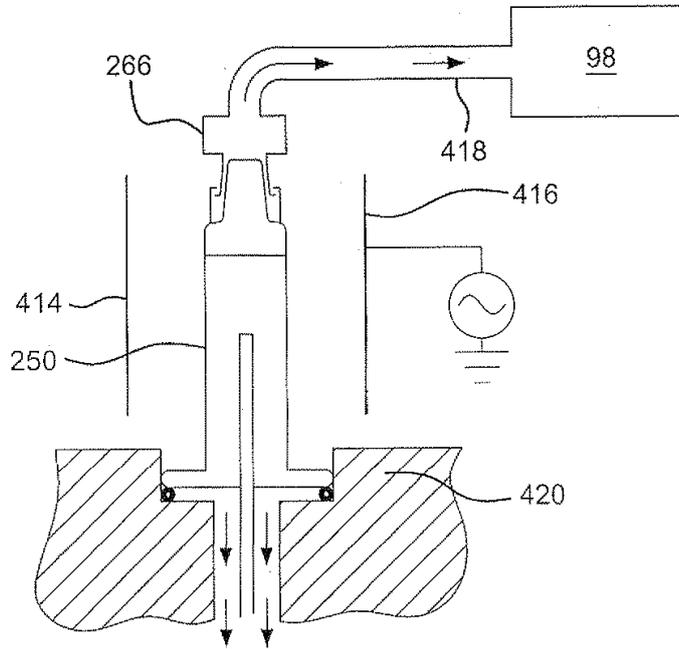
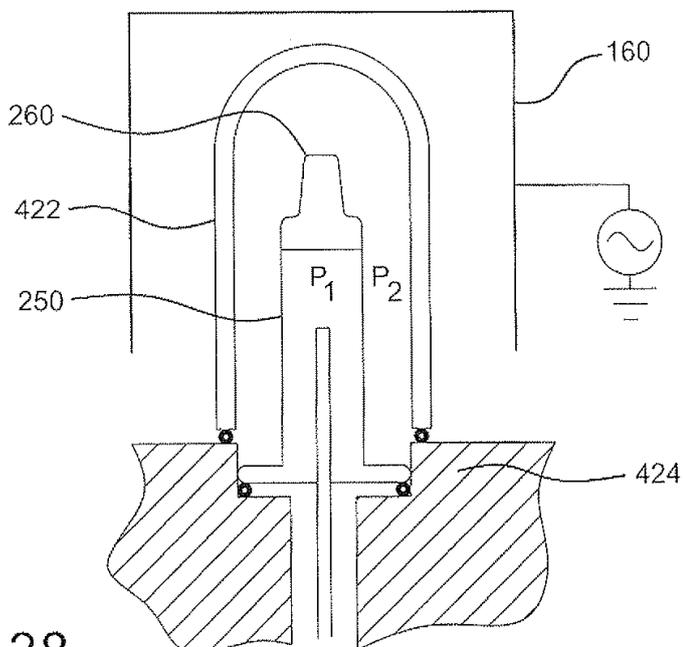


FIG. 38



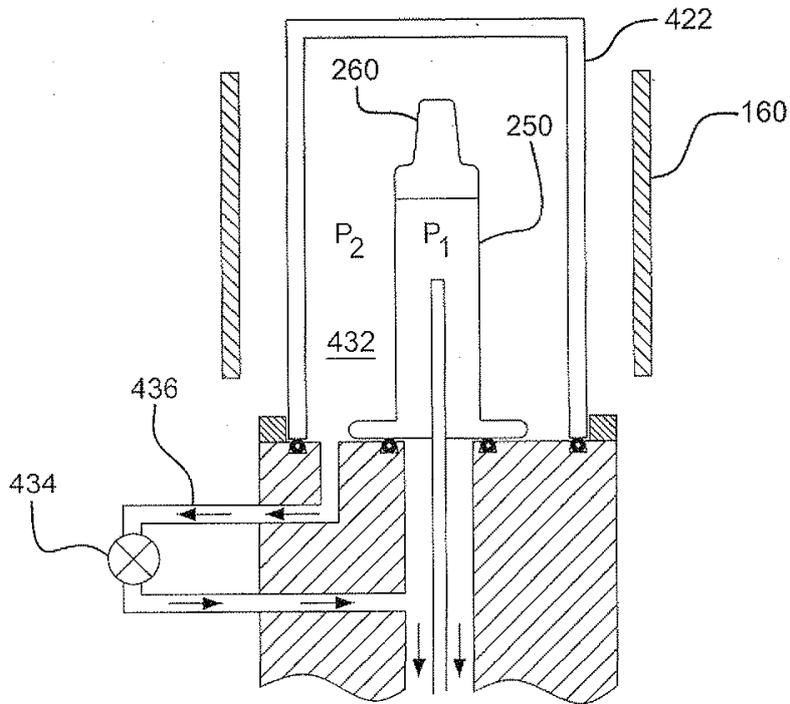


FIG. 40

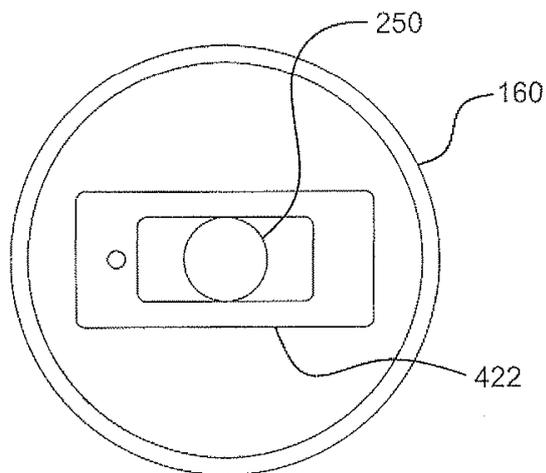


FIG. 41

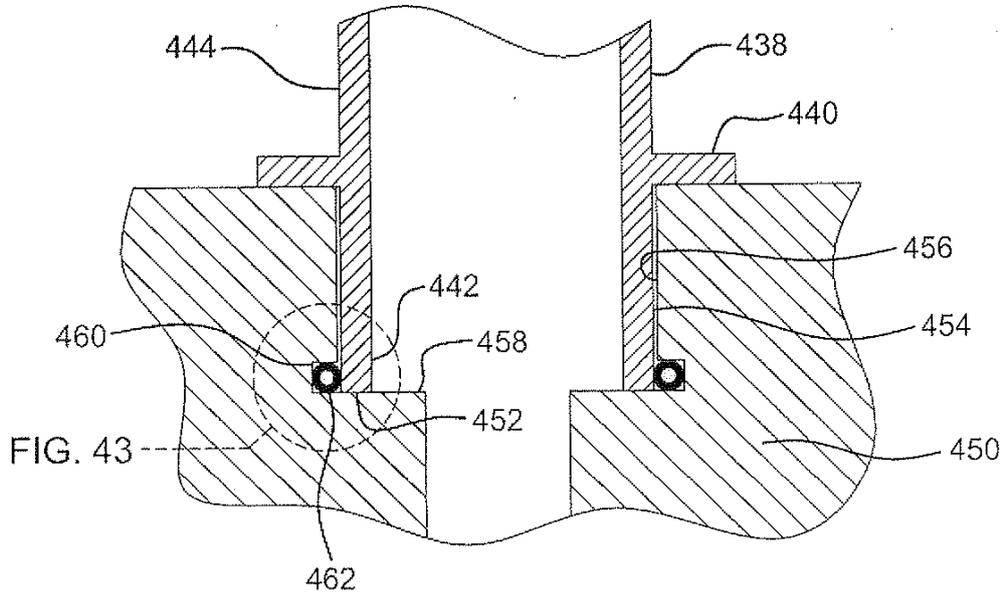


FIG. 42

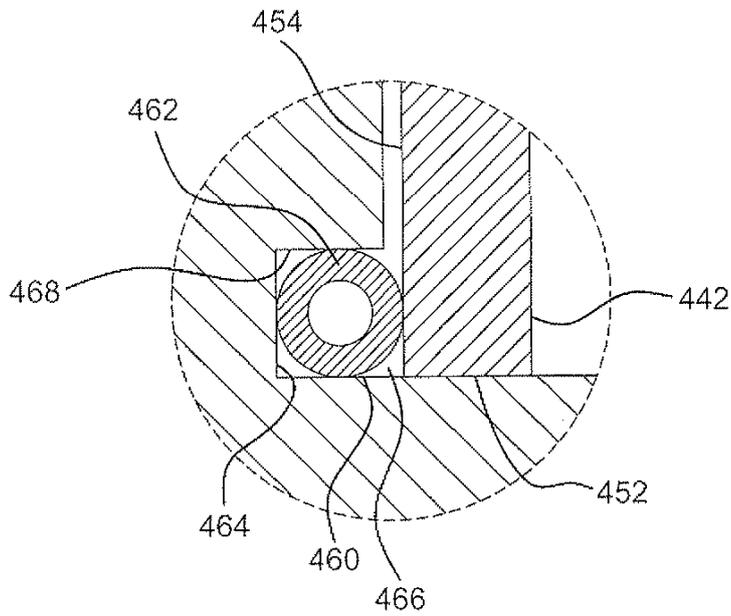


FIG. 43

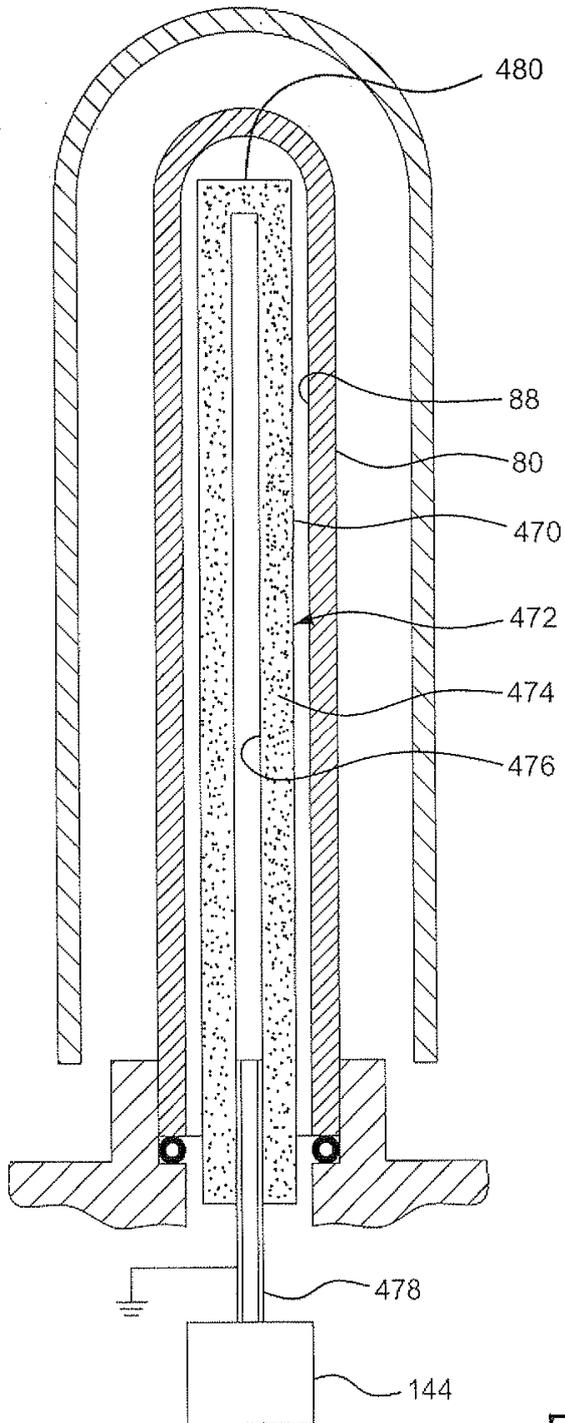


FIG. 44

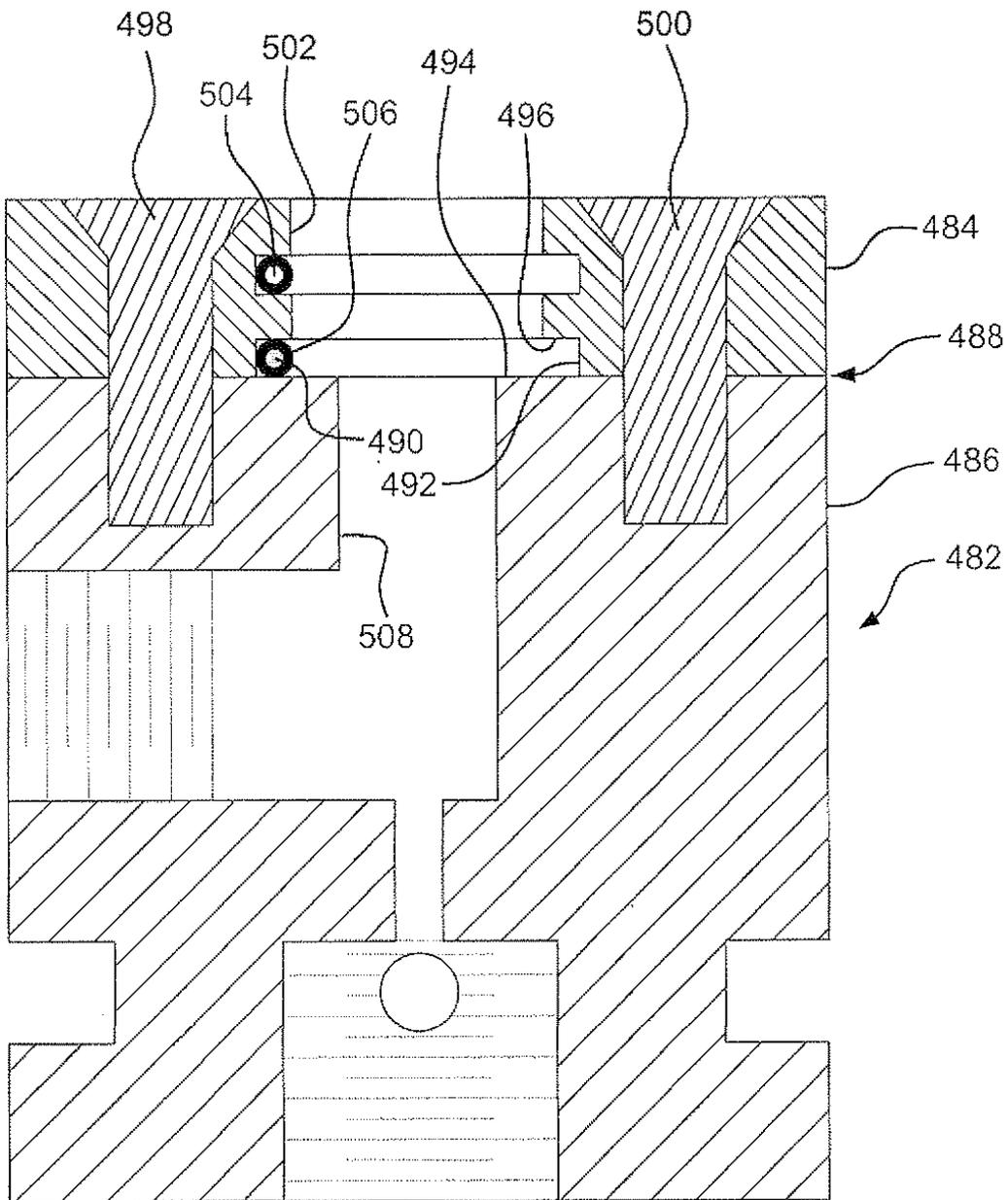


FIG. 45

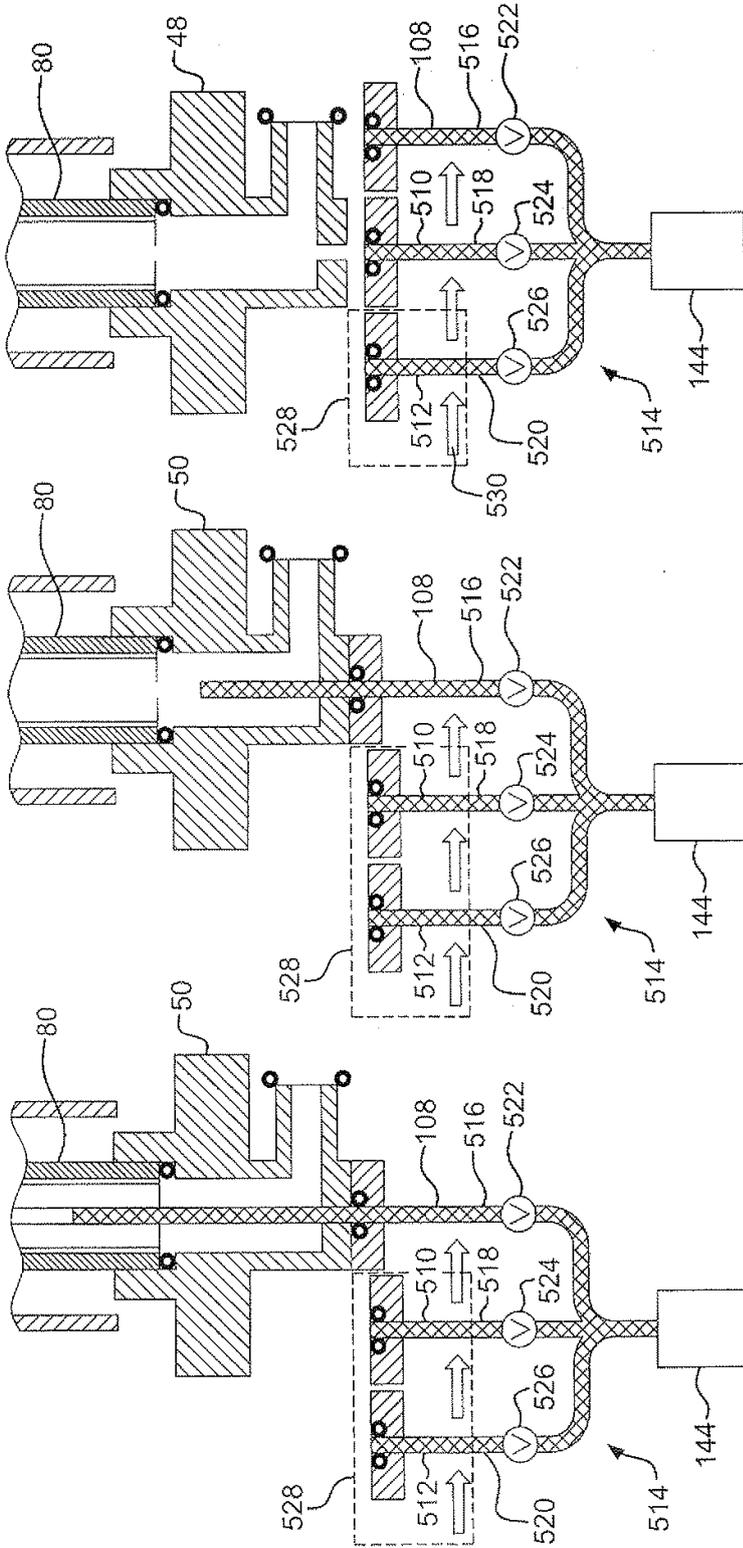


FIG. 46

FIG. 47

FIG. 48

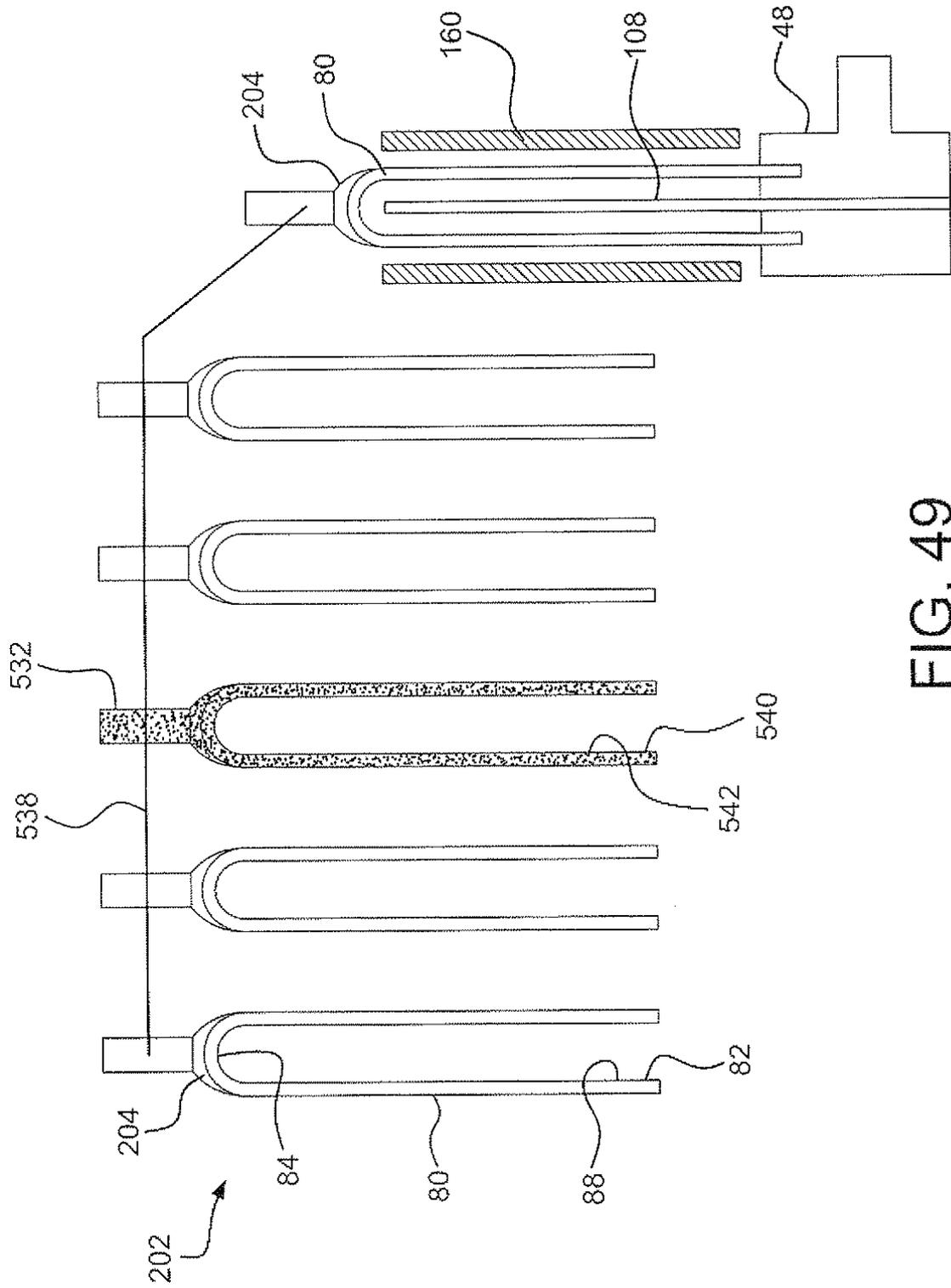


FIG. 49

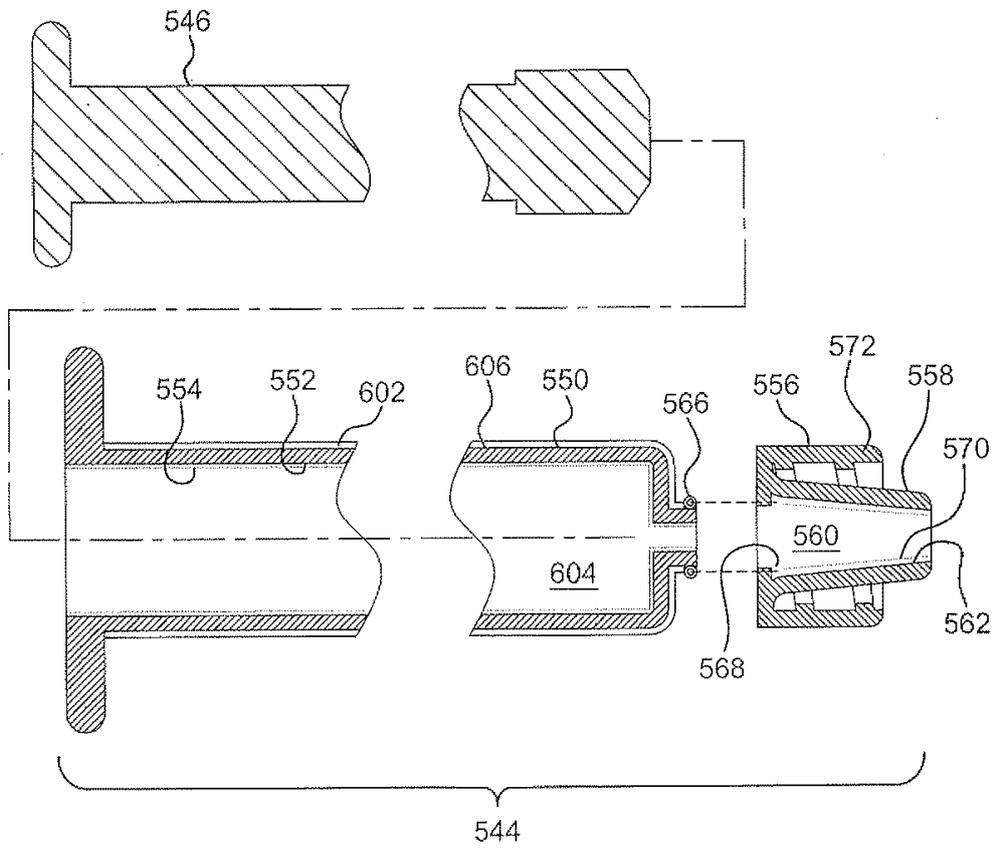


FIG. 50

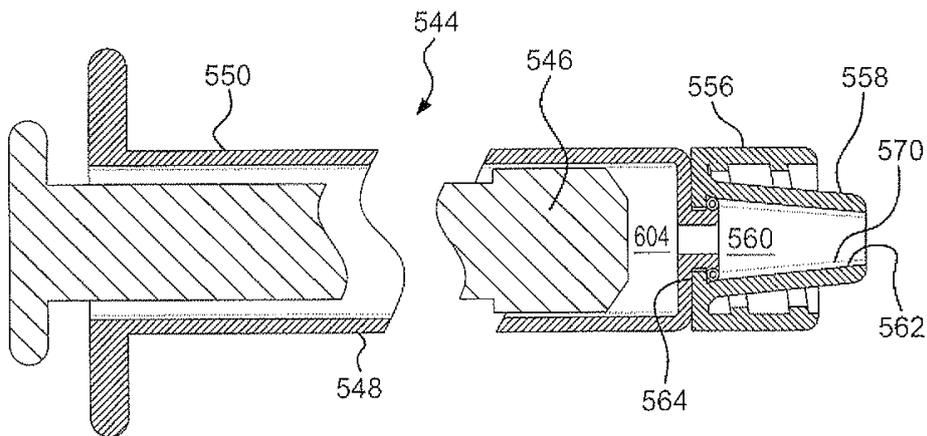


FIG. 51

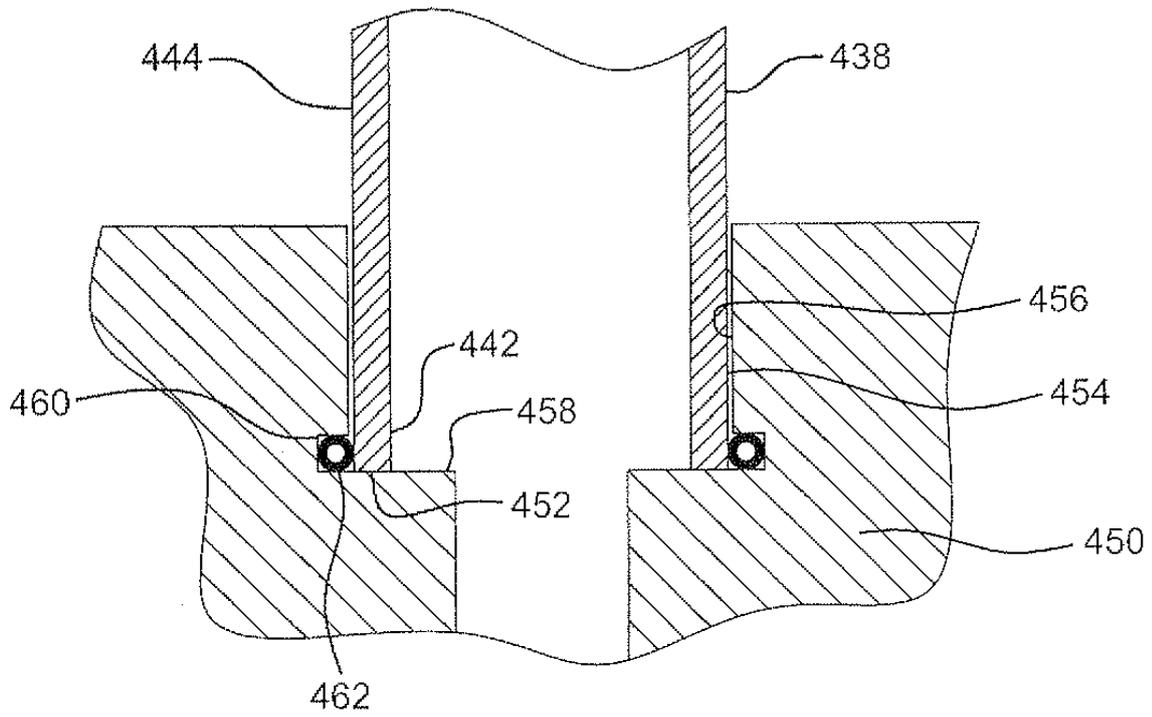


FIG. 52

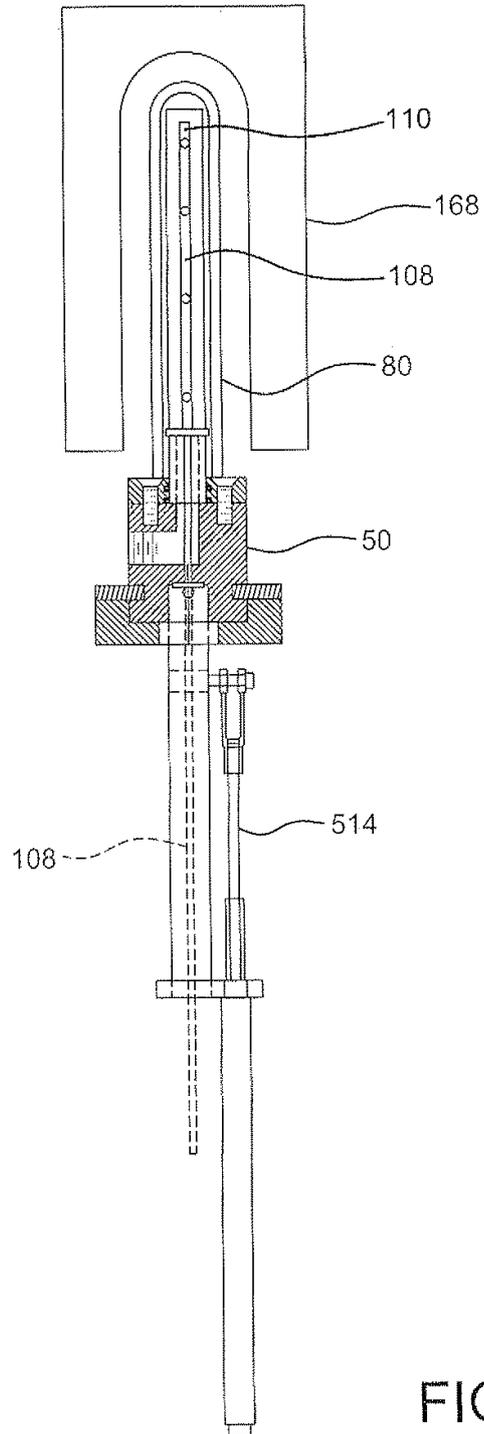


FIG. 54

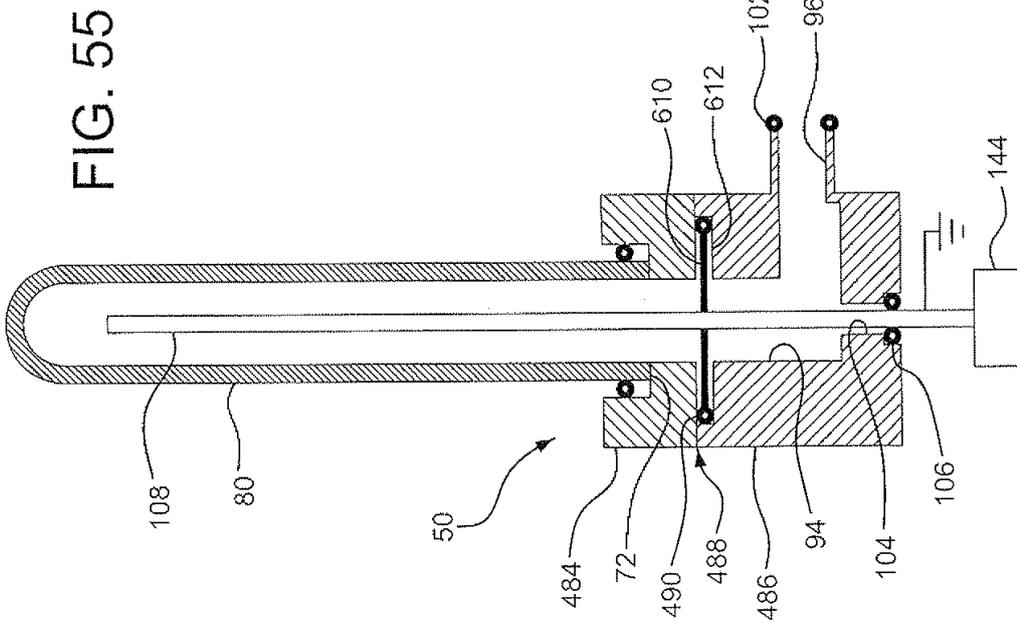


FIG. 55

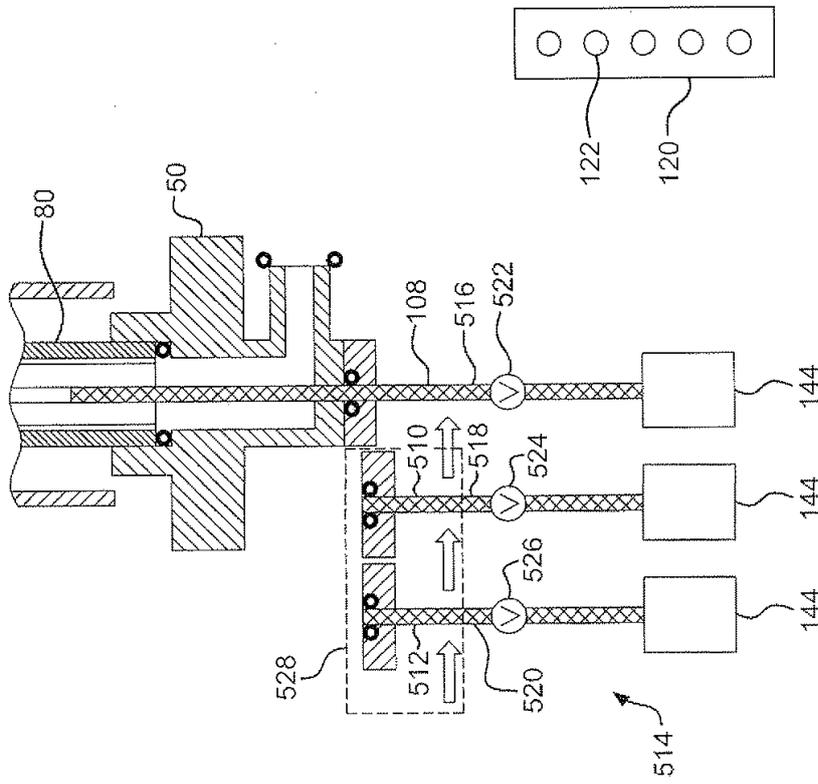


FIG. 56

FIG. 58

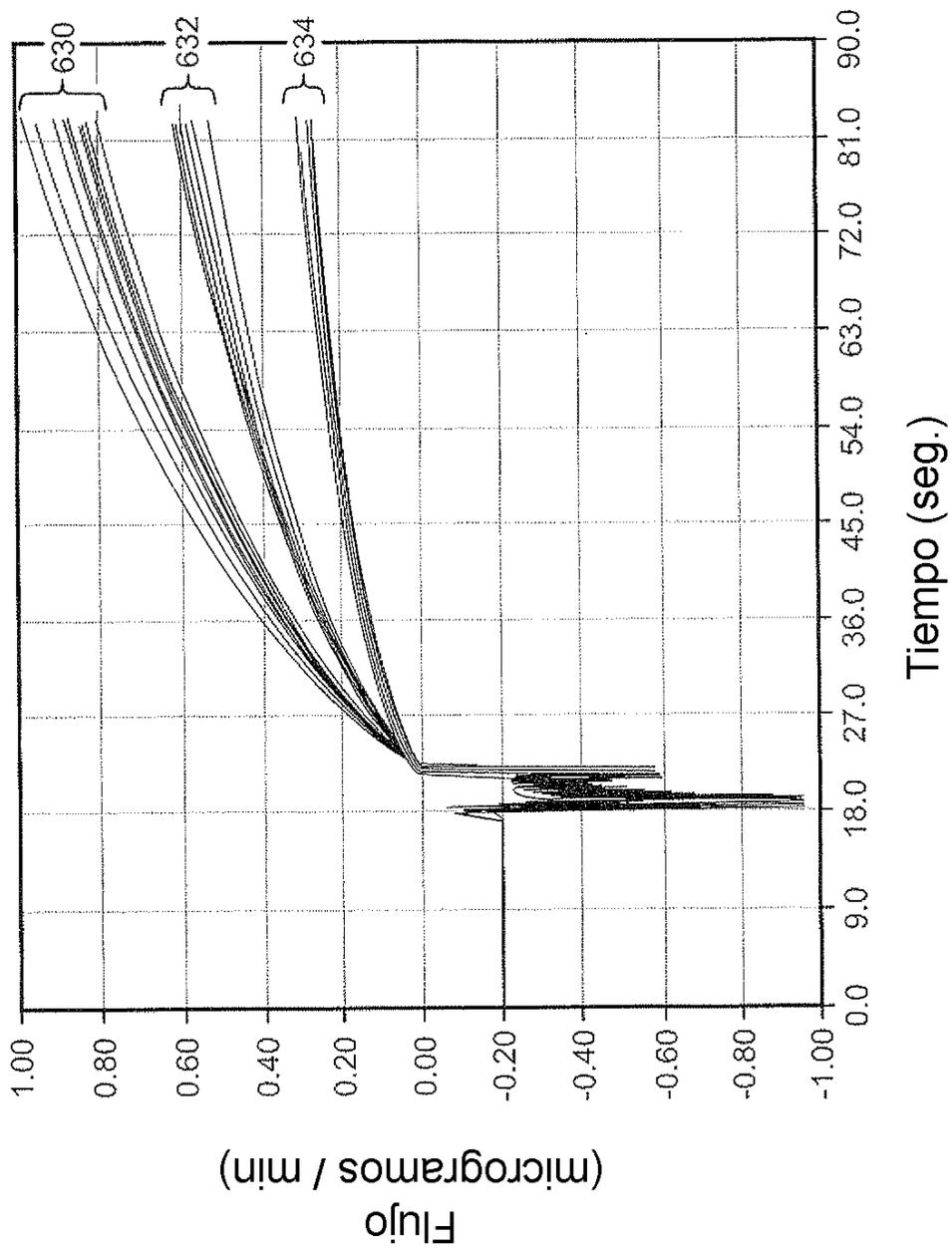


FIG. 57

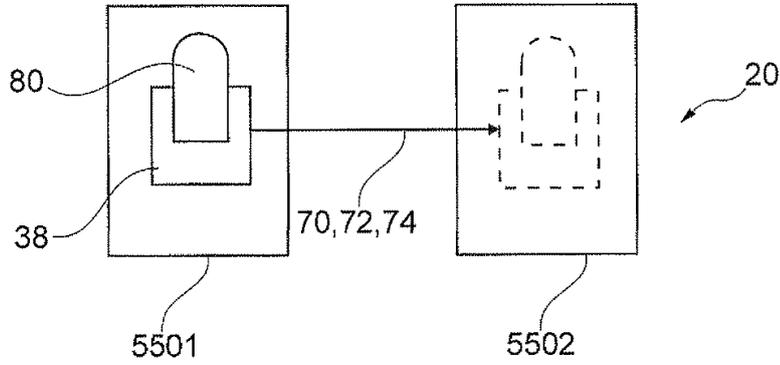


Fig. 59

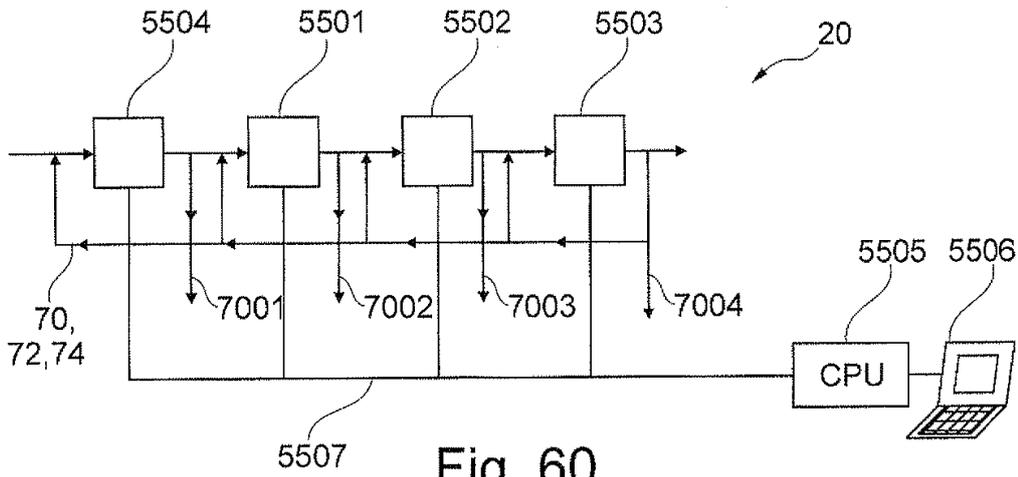


Fig. 60

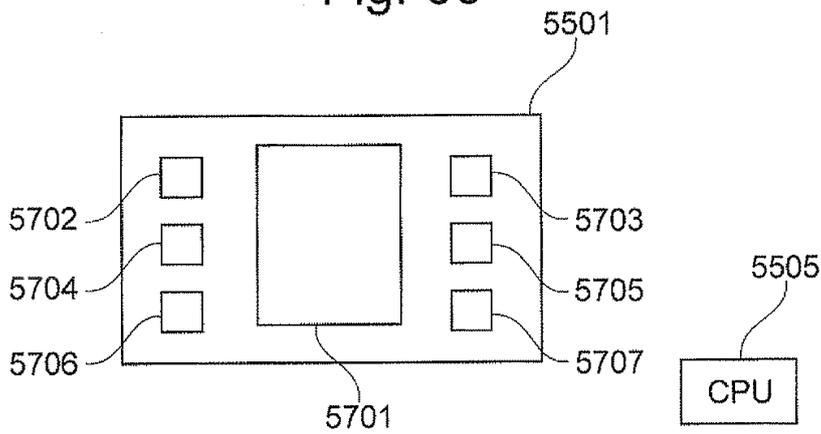


Fig. 61

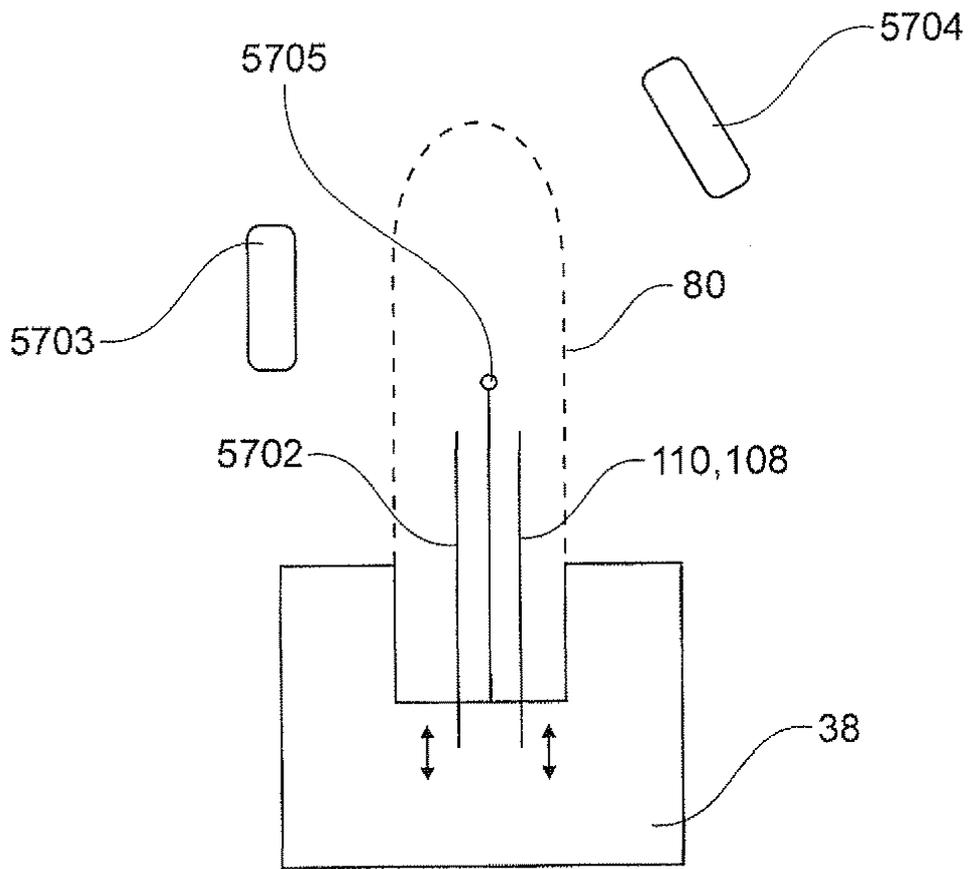


Fig. 62