

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 430 268**

51 Int. Cl.:

C23C 16/04 (2006.01)

C23C 16/52 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.09.2003 E 03753955 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.09.2013 EP 1548149**

54 Título: **Procedimiento para formar una película delgada, aparato para formar una película delgada, y procedimiento para controlar el proceso de formación de la película delgada**

30 Prioridad:

30.09.2002 JP 2002287847

30.07.2003 JP 2002282653

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

19.11.2013

73 Titular/es:

**TOPPAN PRINTING CO., LTD. (100.0%)
5-1, TAITO 1-CHOME, TAITO-KU
TOKYO 110-0016, JP**

72 Inventor/es:

**KAKEMURA, TOSHIAKI;
KASHIMA, HIROTO y
TSUJINO, MANABU**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 430 268 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

Procedimiento para formar una película delgada, aparato para formar una película delgada, y procedimiento para controlar el proceso de formación de la película delgada.

SECTOR DE LA INVENCION

La presente invención, se refiere a un procedimiento para formar película delgadas y a un dispositivo para formar películas delgadas, para formar una película delgada, la cual se forma a base de un óxido y un sustrato, tal como un recipiente contenedor de plástico.

ANTECEDENTES DEL ARTE ESPECIALIZADO DE LA TÉCNICA

Los recipientes contenedores de plástico, se utilizan para los propósitos de envasado y de contener artículos, en varios sectores, tales como los consistentes en alimentos, artículos de baño o perfumería, y medicamentos, debido al hecho de que, éstos, no únicamente tienen una dureza superior, un peso ligero, y una susceptibilidad de moldeo (moldeabilidad) superior, sino que, éstos, son también eficientes en cuanto a lo referente a su coste, son difíciles de romper, y fácil de volver a cerrarse de una forma estanca.

Si bien los recipientes contenedores de plástico, tienen estas ventajas, los recipientes contenedores de plástico, tienen también desventajas, consistentes en el hecho de que, un gas de reducido peso molecular, tal como el oxígeno, y el dióxido de carbono, puede transmitirse a su través. Dicha desventaja, se denomina baja impermeabilidad a los gases, debido al hecho de que, la permeabilidad a los gases, es reducida. De una forma ocasional, algunos de los contenidos, en el recipiente contenedor, se ven afectados, de una forma no deseada, por parte de los dichos gases. Aquí, se han realizado varios intentos para mejorar la impermeabilidad de los plásticos a los gases, cuando se producen recipientes contenedores a escala industrial. Entre dichos intentos, se ha realizado un procedimiento, en el cual, se forma un material que tiene una alta impermeabilidad a los gases, y que está fabricado a base de un material usual, barato, basado en una estructura de capas múltiples (estructura multi-capas).

No obstante, es difícil reciclar un material que tenga una estructura de capas múltiples (multi-capas), el cual consista en por en por lo menos dos clases de materiales. Así, de este modo, existía un problema, desde el punto de vista ecológico, debido al hecho de que, el material que tiene una estructura de múltiples capas (multi-capas), debe desecharse, después del uso. Así, por lo tanto, se han llevado a cabo otros intentos, para reducir un material que tenga una alta permeabilidad a los gases, con un grado de permeabilidad lo más alta posible, hasta que el material que tiene una alta permeabilidad a los gases, no tenga ningún efecto en su reciclaje. No obstante y a pesar de ello, muy a menudo, no ha sido posible el llevar a cabo la obtención de una deseable permeabilidad a los gases, en un material que tenga una estructura de múltiples capas.

De una forma corriente, con objeto de conseguir una capacidad de reciclaje y una impermeabilidad a los gases tales como el oxígeno, el monóxido de carbono, y el vapor, se ha propuesto un procedimiento, mediante el cual se forma una película delgada que tiene impermeabilidad a los gases, sobre la superficie interior de un recipiente contenedor, realizado a base de plásticos comúnmente utilizados. Un procedimiento para formar películas delgadas, es un procedimiento de CVD asistido por plasma, mediante el cual, se forma una película fina (delgada), sobre la superficie interior de un recipiente contenedor, procediendo a plasmatizar un gas de procesado, y haciendo reaccionar químicamente el gas de procesado. De una forma específica, el procedimiento de CVD asistido por plasma, mediante el cual, se procede a disponer un recipiente contenedor entre un electrodo de alta frecuencia, hueco, el cual tiene una forma la cual es aproximadamente la misma que la de la forma exterior del recipiente contenedor, y electrodo interior que tiene una forma la cual es aproximadamente la misma que la de la forma interior del recipiente contenedor, se conoce ya, en el arte de la técnica especializadas (véase, por ejemplo, el documento de patente 1). Como otra forma de procedimiento de CVD asistido por plasma, ambos, el electrodo de alta frecuencia, y el electrodo interior, se encuentran dispuestos de una forma alejada con respecto a la superficie del recipiente contenedor, a una distancia que es aproximadamente la misma (véase el documento de patente 2).

Documento de patente 1: Solicitud de patente japonesa, no examinada, primera publicación nº H8-53117.

Documento de patente 2: Solicitud de patente japonesa, no examinada, primera publicación nº H8-175528.

No obstante, incluso a pesar del hecho de que, una película fina se haya formado mediante estos procedimientos, es todavía difícil el controlar estrictamente el factor de relación de flujos de un gas reactivo y un gas monómero, en procedimientos de gas plasmatizados (mediante plasma). Como resultado de ello, se suscitó un problema, consistente en el hecho de que, no era posible, el formar una película fina, de una forma estable, que tuviera una suficiente impermeabilidad a los gases, y que, la impermeabilidad a los gases, variaba, incluso entre los recipientes contenedores producidos. Adicionalmente, además, existía otro problema, consistente en el hecho de que, la impermeabilidad a los gases de la película fina, decrecía, debido al hecho de que, la película fina producida, no tenía la suficiente flexibilidad y, finalmente, acontecían grietas, en la película, cuando se utilizaba el recipiente contenedor.

Asimismo, además, se llevado a cabo la formación de un película fina (delgada), sobre la superficie interior, de un recipiente no únicamente de plástico, sino también, por ejemplo, de recipientes contenedores de vidrio, con objeto de impedir que el plomo, el cadmio, etc., se fundan, en los contenidos de los recipientes contenedores. En este caso, es necesario el formar una película fina, de una forma estable, sin variación.

Asimismo, además, se ha realizado la formación de una película fina (delgada) que tiene impermeabilidad a los gases, sobre la superficie interior de recipientes contenedores, de plástico, con objeto de añadir permeabilidad a los gases. Para este propósito, se conoce, en arte especializado de la técnica, un procedimiento de CVD asistido por plasma (al cual se le hará referencia, en la parte que sigue de este procedimiento, como un procedimiento de CVD-plasma), mediante el cual, se procede a la formación de una película delgada (fina), sobre la superficie interior del contenedor de plástico, mediante la plasmatación de un gas de procesado, y haciendo reaccionar químicamente el gas de procesado plasmatación.

No era posible, el hecho de conocer si la película delgada o fina, tiene una calidad de la superficie que sea deseable, durante la formación de la película fina, mediante el procedimiento de CVD-plasma. Así, por lo tanto, de una forma convencional, se ha producido una película delgada o fina, al mismo tiempo que se han controlado los parámetros (como por ejemplo, el grado de vacío, la potencia aplicada, y la cantidad de flujo o caudal de gas introducida) y, después de ello, se ha evaluado el hecho consistente en si, la película delgada o fina producida, tenía, o no tenía, un calidad de superficie deseada. No obstante, el control de los parámetros, tales como el grado de vacío, la potencia aplicada, y la cantidad (caudal) de flujo de gas introducida, no ha alcanzado, todavía, la calidad de superficie deseable de la película fina o delgada producida. Así, por lo tanto, existe una necesidad en cuanto al hecho de poder disponer de un procedimiento mejorado de control del proceso.

Para este propósito, se ha propuesto un procedimiento, mediante el cual, se controla la emisión de plasma. A este procedimiento, se le denomina diagnosis plasmática (diagnosis del plasma), mediante el cual, es posible la obtención de información concerniente a la estructura interior real, de un plasma, mediante el control de la emisión del plasma. Mediante el empleo de este procedimiento, es posible el prever la calidad de la superficie de la película delgada, de una forma precisa.

Así, por ejemplo, en la solicitud de patente japonesa, no examinada, primera publicación nº H1-87777 (documento de patente 3), se propone un procedimiento, mediante el cual, se determina el hecho de si un proceso se realiza de una forma apropiada, mediante el control de un factor de relación entre la intensidad de los rayos alfa del hidrógeno, y la intensidad de los rayos beta del hidrógeno, los cuales se irradian a partir del plasma, o mediante el control del factor de relación entre los rayos alfa ó rayos beta del hidrógeno, y la intensidad de la radiación del helio.

No obstante, el procedimiento que se da a conocer en la solicitud de patente japonesa, no examinada, primera publicación nº H1-87777, tiene los siguientes problemas.

En primer lugar, a pesar de que los rayos alfa del hidrógeno, tienen una intensidad relativamente alta, los rayos beta del hidrógeno, tienen una reducida intensidad, y los rayos beta del hidrógeno, varían de una gran forma. Así, por lo tanto, cuando se procede a calcular el factor de relación entre la intensidad de los rayos beta del hidrógeno y la densidad de la radiación de otro espécimen atómico (especimen molecular), el factor de relación calculado, varía enormemente; así, de este modo, es difícil de conocer la estructura interna del plasma, de una forma precisa.

Asimismo, además, incluso si el factor de relación de las intensidades se calcula entre radiaciones relativamente intensas, tales como los rayos alfa del hidrógeno y la radiación del helio, ambas, la intensidad de los rayos alfa del hidrógeno, y la intensidad de la radiación el helio, fluctúan de una forma similar, si fluctúa la presión que forma la película delgada. Así, por lo tanto, incluso si la presión que forma la película delgada fluctúa, y la calidad de la superficie de la película delgada producida, fluctúa, de una forma correspondientemente en concordancia, el factor de relación entre la intensidad de los rayos alfa del hidrógeno y la intensidad de la radiación del helio, no varía de una forma muy grande. Así, por lo tanto, existe un problema, consistente en el hecho de que no es posible el proceder a controlar el plasma, de una forma precisa.

Asimismo, además, el espectro del plasma, se mide en un rango correspondiente a unos márgenes muy amplios, los cuales van desde la longitud de onda visible, hasta una longitud de onda cercana a la visible (véase, a dicho efecto, la figura 3 del documento de patente 3). Existe un problema, debido al hecho de que es necesario un espectrómetro específico complicado, para tales tipos de mediciones y, un espectrómetro de este tipo, es caro.

Documento de patente 3: Solicitud de patente japonesa, no examinada, primera publicación nº H1-87777.

Adicionalmente, además, la solicitud de patente japonesa JP-A- 2000 255579, da a conocer un capa de barrera, formada en por lo menos un lado de un recipiente contenedor de plástico.

REVELACIÓN DE LA INVENCION

La presente invención, se concibió en vistas de las circunstancias descritas anteriormente, arriba y, un objeto de la presente invención, es la de proporcionar un procedimiento de formación de una película delgada (fina), mediante el cual pueda lograrse un impermeabilidad estable a los gases, y una flexibilidad deseable, en una película delgada, sin variación de la calidad de la superficie, incluso se la película delgada se forma sobre un gran número de substratos.

Adicionalmente, además, la presente invención, da a conocer un procedimiento para el control del proceso de formación de películas delgadas, y un dispositivo de formación de películas delgadas, mediante el cual, es posible conocer la estructura de un plasma generado, de una forma más precisa, y conocer el hecho de si la película delgada producida, tiene una calidad deseable de la superficie, o no la tiene, durante la realización del proceso, mediante el cual, se plasmaliza una mezcla de gas consistente en un gas de un compuesto de organosilicio y un gas oxidante, y se forma una película delgada de óxido de silicio, sobre la superficie del sustrato.

En la presente invención, se proporciona un procedimiento para la formación de una película fina (delgada), para plasmalizar una mezcla de gases, la cual consiste en un gas de monómero y un gas reactivo oxidante, y la formación de una película delgada, la cual está formada por un óxido, sobre una superficie de un sustrato, el cual incluye: una primera etapa de formación de una primera película fina, mediante la plasmalización de una mezcla de gases, al mismo tiempo que se varía el factor de relación de las cantidades (caudales) de flujo del gas monómero, con respecto al gas reactivo, con la condición de que, el factor de relación de las cantidades (caudales) de flujo, se encuentre por lo menos dentro de unos márgenes específicos.

En la primera etapa de formación de la película delgada, el factor de relación de las cantidades de flujo suministradas, se hace disminuir de una forma continua.

En la primera etapa de formación de la película delgada, es preferible el hecho de que, un valor inicial del factor de relación de los flujos suministrados, en la primera etapa de formación de la película delgada, sea el correspondiente a un valor comprendido dentro de unos márgenes que van desde 0,02 hasta 0,2.

Es preferible el hecho de que, el procedimiento de formación de la película delgada, incluya una segunda etapa de formación de la película delgada, en la cual, el factor de relación de las cantidades de flujo suministradas, se incremente, después de la primera etapa de formación de la película delgada.

Asimismo, también, en el procedimiento de formación de la película delgada, es preferible el hecho de que, la plasmalización, se lleve a cabo mientras se controla la potencia reflejada generada, de tal forma que, ésta, sea igual a un porcentaje del 10%, ó menos, que una potencia (energía) de alta frecuencia suministrada, haciendo pasar la potencia (energía) de alta frecuencia suministrada, la cual es de 100 MHz, ó inferior, a través de la red de adaptación de impedancia, antes de suministrarse al electrodo de alta frecuencia.

En un dispositivo de formación de una capa delgada para plasmalizar una mezcla de gases, la cual consiste en un gas monómero y gas reactivo oxidante, y para formar (en concordancia con el procedimiento de la presente invención), una película delgada, la cual se forma a base de un óxido, sobre una superficie interior de un recipiente contenedor cilíndrico, que tiene un extremo cerrado, incluye: una pluralidad de cámaras de formación de la película delgada, estando provistas, cada una de las cámaras de formación de la película delgada en cuestión, de un electrodo cilíndrico de alta frecuencia, encontrándose cerrado, un extremo del electrodo de alta frecuencia, de tal forma que, el recipiente contenedor cilíndrico, pueda disponerse sobre la superficie interior electrodo de alta frecuencia, y un electrodo de tierra (es decir conectado a tierra), disponerse en el recipiente cilíndrico, teniendo, el electrodo de tierra en cuestión, un puerto o vía de generación de gas, sobre una sección de la punta del electrodo de tierra, de tal forma que, el puerto (vía) de generación de gas, genere la mezcla de gas: una sección de suministro de potencia (energía) de alta frecuencia, que tiene una red de adaptación de impedancia, y un suministro de potencia de alta frecuencia, de tal forma que, la potencia de alta frecuencia, pueda suministrarse al electrodo de alta frecuencia, a través de la red de adaptación de impedancia; y una sección de control de la cantidad (caudal) de flujo, para controlar el factor de relación de las cantidades de flujo del gas monómero y el gas reactivo contenido en la mezcla de gas. En este caso, la potencia (energía) de alta frecuencia, se suministra a una pluralidad de cámaras de formación de la película delgada, desde una sección de suministro de potencia de alta frecuencia.

Es aceptable el hecho de que, entre el recipiente contenedor cilíndrico y el electrodo de alta frecuencia, se encuentre dispuesto un espaciador desmontable, el cual se encuentre formado por un miembro aislante.

Se prefiere el hecho de que, el puerto (vía) de generación de gas, tenga por lo menos orificio, cuyo diámetro, sea de 0,5 mm, o inferior, y u / o una hendidura, cuya anchura sea de 0,5 mm ó más estrecha.

Asimismo, también, es preferible el hecho de que se encuentre provista una rugosidad de superficie, media, de la superficie exterior del electrodo de tierra, que sea de un valor comprendido dentro de unos márgenes que van desde los μm hasta los 50 μm , o que se encuentra provista una tubería de cobertura desmontable, en por lo menos una parte de la periferia exterior del electrodo de tierra, y que la rugosidad de superficie, media, de la superficie exterior del la tubería de cobertura, sea de un valor comprendido dentro de unos márgenes que van desde los 5 μm hasta

los 50 μm .

Asimismo, también, es preferible el hecho de que se proyecte, mediante pulverización, un miembro de metal o un miembro de cerámica, sobre la superficie exterior, la cual tiene la rugosidad de superficie, media.

5 Asimismo, también, un procedimiento de control del proceso de formación de películas delgadas, para plasmatizar una mezcla de gases, consistente en un gas de un compuesto de organosilicio y un gas oxidante, y para formar una película delgada de óxido de silicio, sobre una superficie de un sustrato, incluye las etapas de: medir la intensidad de los rayos alfa del hidrógeno, los cuales se irradian a partir del plasma, y la intensidad de de los rayos de una radiación del oxígeno; comparar la intensidad de los rayos alfa del hidrógeno, y la intensidad de los rayos de la radiación del oxígeno, con la intensidad de los rayos alfa del hidrógeno y la intensidad de los rayos de radiación del oxígeno, las cuales se han medido, con la condición de que, la película delgada de óxido de silicio, tenga una calidad de superficie deseable; y determinar el hecho consiste en si la película delgada de óxido de silicio, tiene una calidad de superficie deseable, o no la tiene.

15 Aquí, es preferible el hecho de que, la intensidad del los rayos alfa del hidrógeno, y la intensidad de los rayos de la radiación del oxígeno, se mida mediante la separación de los rayos de radiación, los cuales tengan unas longitudes de onda correspondientes a una gama específica de longitudes de onda, las cuales se irradian a partir del plasma, y se mida la intensidad de éstos.

20 Asimismo, también, es preferible el hecho de que, la intensidad de los rayos alfa del hidrógeno y la intensidad de los rayos de la radiación del oxígeno, se midan procediendo a medir la intensidad de los rayos de la radiación, los cuales tengan un longitud de onda correspondiente a un valor de 656 ± 5 nm, y la intensidad de los rayos de la radiación, los cuales tengan una longitud de onda correspondiente a un valor de 777 ± 5 nm, entre los rayos de la radiación que se irradian a partir del plasma.

25 Asimismo, también, el dispositivo de formación de la película delgada, incluye: una cámara para plasmatizar una mezcla de gases, consistiendo, dicha mezcla de gases, en un compuesto de organosilicio y un gas oxidante, y para formar una película delgada de óxido de silicio, sobre una superficie de un sustrato; una sección de medición para medir la intensidad de los rayos alfa del hidrógeno, y la intensidad de la radiación del oxígeno, radiándose, ambos rayos, desde el plasma, en interior de la cámara; una sección de almacenaje, para almacenar la intensidad de los rayos alfa del hidrógeno, y la intensidad de los rayos de la radiación del oxígeno, de tal forma que, la película delgada de organosilicio, tenga calidad de superficie deseable, predeterminada; y una sección de determinación para determinar el hecho de si la intensidad medida de los rayos alfa del hidrógeno, y la intensidad medida de los rayos de radiación del oxígeno, se encuentran dentro de unos márgenes específicos, o no se encuentran dentro de unos márgenes específicos, procediendo a comparar la intensidad medida de los rayos alfa del hidrógeno, con la intensidad de los rayos alfa del hidrógeno, en la sección de almacenaje, y procediendo a comparar la intensidad medida de los rayos de la radiación del oxígeno, mediante la sección de medición, con la intensidad de los rayos de radiación del oxígeno, la cual se encentra almacenada en la sección de almacenaje.

40 Aquí, es preferible el hecho de que, la sección de medición, esté provista de un filtro de paso de banda, el cual separe únicamente rayos de radiación, los cuales tengan una gama específica de longitudes de onda, de entre los rayos de la radiación que se irradian a partir del plasma, en la cámara.

45 Asimismo, también, es preferible el hecho de que, la sección de medición, incluya un primer filtro de paso de banda, mediante el cual, la transmitancia de los rayos de la radiación, los cuales tengan una gama de longitudes de onda fuera de un valor de $656\pm\text{nm}$, es de un 1%, ó inferior; un segundo filtro de paso de banda, mediante el cual, la transmitancia de los rayos de la radiación, los cuales tengan una gama de longitudes de onda fuera de un valor de $777\pm\text{nm}$, es de un 1%, ó inferior; un primer sensor de cantidad, el cual recibe los rayos de la radiación, los cuales pasan a través del primer filtro de paso de banda; y un segundo sensor de cantidad, el cual recibe los rayos de la radiación, los cuales pasan a través del segundo filtro de paso de banda.

DESCRIPCIÓN RESUMIDA DE LOS DIBUJOS

55 La figura 1, es una vista general de un ejemplo de una primera forma de presentación de un dispositivo de formación de una película delgada.

La figura 2, es una sección transversal, vertical, de una cámara de formación de la película fina, la cual se encuentra provista en el dispositivo de formación de película delgada mostrada en la figura 1.

60 La figura 3, es una vista de un plano, en el cual, se encuentra formado un puerto de generación de gas, en un electrodo de tierra, en el dispositivo de formación de la película delgada, mostrado en la figura 1.

65 La figura 4, es un gráfico, el cual muestra un ejemplo del cambio, de un factor de relación de caudal de flujo suministrado, con respecto al tiempo.

La figura 5, es un gráfico, el cual muestra otro ejemplo del cambio, de un factor de relación de caudal de flujo suministrado, con respecto al tiempo.

5 La figura 6, es una vista de un plano, en el cual, se facilita otro ejemplo de un puerto de generación de gas, el cual se encuentra formado, en un electrodo de tierra, en el dispositivo de formación de la película delgada.

10 La figura 7, es una sección transversal, vertical, de una cámara de formación de la película fina, en la cual se muestra un ejemplo del electrodo de tierra, el cual se suministra con el dispositivo de formación de la película delgada.

La figura 8, es una vista de un plano, en el cual, se muestra otro ejemplo de la cámara de formación de la película de delgada.

15 La figura 9, es una vista general de un ejemplo de un dispositivo de formación de una película fina.

La figura 10, es una sección transversal, en el cual, se muestra un ejemplo de la cámara de formación de la película de delgada.

20 La figura 11, es una vista general, en el cual se muestra un ejemplo de una computadora de control.

MEJOR FORMA DE REALIZACIÓN DE LA INVENCION

Primera forma de presentación

25 Los detalles de una primera forma de presentación de un procedimiento de formación de películas finas, en concordancia con la presente invención, se explicará con respecto a los ejemplos que se facilitan abajo, a continuación, en los cuales, se forma una película fina formada a base de óxido de silicio, sobre la superficie interior de un recipiente contenedor cilíndrico, de plástico, el cual tiene una sección transversal, con un extremo cerrado.

30 La figura 1, muestra un ejemplo de un dispositivo de formación de películas delgadas, 10, el cual se utiliza, de una forma preferible, en la presente forma de presentación del procedimiento de formación de películas delgadas. El dispositivo de formación de películas delgadas, 10, se encuentra provisto de cuatro juegos cámaras de formación de películas delgadas, 20, las cuales posibilitan la formación de películas delgadas, en los cuatro juegos de de recipientes contenedores, 21, de una forma simultánea, mediante la disposición de recipientes contenedores cilíndricos, 21, en posiciones predeterminadas, en las cámaras de formación de películas delgadas, 20.

35 Tal y como se muestra en la figura 2, cada una de las cámaras de formación de películas delgadas, 20, se encuentra provista de un electrodo cilíndrico de alta frecuencia, 22, que tiene una sección transversal circular, y un extremo cerrado, y un electrodo de tierra, tubular, 23, cuya sección de la punta, se introduce en el interior de un recipiente contenedor cilíndrico 21, cuando dicho recipiente contenedor cilíndrico, 21, se encuentra dispuesto en la posición predeterminada, en el interior del electrodo de alta frecuencia 22.

40 En este ejemplo, el electrodo de alta frecuencia 22, consiste en una sección de cilindro 22a, la cual se encuentra formada a partir de un material conductor, y una sección de cobertura 22b, la cual se encuentra formada a partir de un material conductor, y la cual sella un extremo de la sección de cilindro, 22a. La sección de cobertura 22b, es desmontable de la sección de cilindro 22a.

45 Asimismo, también, el electrodo de tierra 23, se encuentra formado a partir de un material conductor. En la sección de la punta del electrodo de tierra 23, se encuentra formado un puerto generador de gas, 23a, con objeto de generar un gas de procesado, al como un mezcla de gases, que incluye un gas monómero y un reactor oxidante, para formar óxido de silicio, hacia el interior del recipiente contenedor cilíndrico 21. La mezcla de gases, se genera a partir de un puerto de generación de gas, 23a, mediante la introducción de gas monómero y el gas reactivo, a partir de la sección de la base del extremo. Tal y como se ha explicado anteriormente, arriba, en este ejemplo, el electrodo de tierra, 23, sirve como una tubería de introducción de gas, para el gas de procesado. Asimismo, también, en este ejemplo, tal y como se muestra en la figura 3, el puerto de generación de gas, 23a, consiste en cinco ---

50 aproximadamente, aproximadamente rectangulares, 23b, que tienen una anchura de 0,5 mm.

55 En el otro extremo del electrodo de alta frecuencia, se encuentran formados un puerto de soporte 24a de la sección del puerto, para soportar una sección del puerto del recipiente contenedor cilíndrico 21, y una placa de aislamiento 24, formada a base de un material cerámico, para aislar el electrodo de alta frecuencia, 22. Asimismo, también, se encuentra provista, mediante esta placa de aislamiento 24, una sección de fondo cilíndrica, 25, la cual tiene un puerto de escape de gas, 25a, para hacer salir aire, descargándolo, hacia el interior de la cámara de formación de películas finas, 20. Mediante la conexión de una bomba de succión, la cual no se muestra en el dibujo, al puerto de salida de gas, 25a, etc., es posible el despresurizar el interior de la cámara de formación de las películas finas, 20 y con ello, evacuar aire en su interior. Aquí, se forma, en la placa de aislamiento 24, un orificio de conexión (no mostrado en la figura), el cual puede conectar un espacio entre el contenedor cilíndrico 21 y el electrodo de alta

frecuencia 22, y un espacio en el interior del recipiente contenedor cilíndrico 21. Cuando se pone en marcha la bomba de succión, es posible despresurizar, no únicamente el espacio interior del recipiente contenedor cilíndrico 21, sino también, el espacio existente entre el recipiente contenedor cilíndrico 21, y el electrodo de alta frecuencia 22. Aquí, la punta del electrodo de tierra, 23, anteriormente descrito, se introduce en el interior del recipiente contenedor cilíndrico 21, a través de la sección de del fondo, 25.

En la figura 1, la referencia numérica 42, indica cuatro juegos de secciones de control del caudal de flujo (cantidad de flujo), consistiendo, cada una de las cuales, en un controlador de la masa de flujo, 40, para controlar el caudal de flujo del gas reactivo, y un controlador de la masa de flujo, 41, para controlar el caudal de flujo del gas monómero. Los controladores de la masa de flujo, 40 y 41, se encuentran provistos en cada una de las cámaras de formación de películas delgadas, 20. El caudal de flujo del gas reactivo y el caudal de flujo del gas monómero, se controlan mediante las secciones de control del caudal de flujo 42. Después de ello, el gas reactivo y el gas monómero, se introducen en cada una de las cámaras de formación de películas delgadas, 20, desde la sección de base del extremo del electrodo de tierra, 23. Mediante la realización de ello, el gas reactivo y el gas monómero, se generan, desde el puerto de generación de gas, 23a.

Adicionalmente, además, tal y como se muestra en la figura 1, el dispositivo de formación de películas delgadas, 10, está provista de una sección de suministro de potencia (energía) de alta frecuencia, 30, el cual puede suministrar la potencia (energía) de alta frecuencia, a los cuatro juegos de las cámaras de formación de películas delgadas, 20, de una forma simultánea.

La sección de suministro de potencia energética de alta frecuencia, 30, se encuentra provisto de un suministra de potencia de alta frecuencia, 31, para suministrar potencia energética de alta potencia, y una red de adaptación de impedancia, 32, para rectificar la potencia energética de alta frecuencia, suministrada a partir del suministro energético de alta potencia, 31. La potencia (energética), de alta frecuencia suministrada a partir del suministro de potencia energética de alta potencia, 31, se ajusta, al mismo tiempo que controla un valor de adaptación (emparejado), y se suministra al electrodo de alta frecuencia, 22. Procediendo a realizar esto, es posible evitar una potencia energética reflejada; así, de este modo, la potencia energética de alta potencia suministrada, se envía al electrodo de alta frecuencia, 22, de una forma eficiente. Como resultado de ello, es posible formar una película delgada, la cual tenga una deseable impermeabilidad a los gases.

A continuación, se procederá a explicar un ejemplo de un procedimiento, mediante el cual, se forman películas delgadas, sobre los cuatro juegos de los recipientes contenedores cilíndricos 21, mediante la película de formación de películas delgadas, 10, en este ejemplo.

En primer lugar, la sección de cobertura 22b del electrodo de alta frecuencia 22, se retira, en cada una de las cámaras de formación de películas delgadas 20. El recipiente contenedor cilíndrico 21, como un substrato, se coloca en el interior del electrodo de alta frecuencia, 22. La sección del puerto del recipiente contenedor cilíndrico 21, se introduce, encajándola, en el puerto de soporte de la sección del puerto, 24a, formada sobre la placa aislante 24. A continuación, la sección de cobertura 22b, se encaja en la sección cilíndrica 22a, del electrodo de alta frecuencia 22, de tal modo que se forme un sellado. Así, de este modo, el extremo del electrodo de alta frecuencia, 22, se sella. El puerto de generación de gas 23a, el cual se encuentra formado sobre la punta del electrodo de tierra 23, se deposita en el interior del recipiente contenedor cilíndrico 21. Después de ello, se realiza el inicio de una bomba de succión, la cual no muestra en el dibujo. Después de que se haya despresurizado el aire, en el espacio existente en el interior de la cámara de formación de películas delgadas, 20, hasta haberse evacuado completamente, se introduce una mezcla de gases, el cual consiste en gas monómero y un gas reactivo, en el interior de las cámaras de formación de películas delgadas, 20, al mismo tiempo que se controla el caudal de flujo del gas monómero y el caudal de flujo del gas reactivo, por mediación de las secciones de control de flujo, 42. Procediendo a realizar esto, se genera la mezcla de gas, a partir el puerto de generación de gas 23a. A continuación, se pone en marcha la sección de suministro de potencia energética de alta frecuencia, La potencia energética de alta frecuencia, la cual no sea mayor de un valor de 100 MHz, se trasmite, a través de la red de adaptación de impedancia, 32. La potencia energética de alta frecuencia, se suministra al electrodo de alta frecuencia, 22, en cada una de las cámaras de formación de películas finas 20, al mismo tiempo que se varía el valor de adaptación, y se controla la potencia energética reflejada generada, a un porcentaje que se encuentra por debajo del 10% del potencia energética del alta potencia suministrada. Como resultado de ello, la mezcla de gases, se plasmatiza entre el electrodo de alta frecuencia 22, y el electrodo de tierra 23, en cada una de las cámaras de formación de películas delgadas (finas) 20; así, de este modo, se forma un película delgada de óxido de silicio, sobre la superficie interior del recipiente contenedor cilíndrico 21.

Adicionalmente, además, en una primera etapa de formación de películas finas, un caudal de flujo, se reduce de una forma continua y gradualmente, desde un gran caudal de flujo, mientras, un caudal de flujo (factor de relación de caudales de flujo suministrados) del gas monómero, con respecto al gas reactivo, en la mezcla de gases suministrada, se encuentra incluido dentro de un rango correspondiente a unos márgenes específicos. Mediante esta primera etapa de formación de películas finas, es posible el formar, de una manera estable, una película delgada, la cual tenga una impermeabilidad a los gases particularmente alta, sin variaciones. El factor de relación de los caudales de flujo suministrados, se controla mediante la sección de control de los caudales de flujo, 42.

En este ejemplo, el rango específico (correspondiente a unos márgenes específicos), indica un rango del factor de relación de los caudales de flujo suministrados, mediante el cual, pueda formarse una película delgada que tenga una impermeabilidad a los gases deseada. El rango específico, varía, en concordancia con el tipo de película delgada producida, y el tipo de mezcla de gases empleada. El rango específico del factor de relación de los caudales de suministro de gas monómero, con respecto al gas reactivo, para formar una película delgada que tenga una impermeabilidad a los gases deseada, es un rango que se encuentra comprendido dentro de unos márgenes que van desde 0 hasta aproximadamente 0,05, si se forma una película delgada de un óxido de silicio, bajo la condición de que, si la mezcla de gases se forma a partir de un gas monómero y un gas reactivo, el gas monómero, sea un compuesto de organosilicio, tal como el hexanometildisiloxano, y el gas reactivo, sea oxígeno.

Así, de este modo, por ejemplo, tal y como se muestra en el gráfico de la figura 4, el valor inicial del factor de relación de los caudales de flujo suministrados, en la primera etapa de formación de las películas, se ajusta a un valor de 0,1 el cual es un valor superior al del rango específico anteriormente citado, arriba. A continuación, el factor de relación de los caudales de flujo suministrados, se reduce de una forma continua, procediendo a reducir el caudal de flujo del gas monómero, de una forma continua, por mediación de la sección del control de los caudales de flujo, 42, mientras se mantiene la plasmatación de la mezcla de gases. Por consiguiente, el caudal de flujo del gas monómero, se reduce, durante un transcurso de tiempo de aproximadamente 5 segundos, hasta que el factor de relación de los caudales de flujo suministrados, sea de un valor de 0,01. Procediendo de este modo, el factor de relación de los caudales de flujo, se reducen continuamente, desde un valor (factor) de relación de 0,1, hasta un valor de relación de 0,01, en un transcurso de tiempo de aproximadamente 5 segundos. Así, de este modo, existe un período de tiempo de 3,5 segundos, en el cual, el factor de relación de las cantidades de flujo suministradas, se encuentra dentro de un rango de 0,5, hasta 0,05, en el cual, es posible formar una película delgada, que tenga una impermeabilidad a los gases deseable.

Mediante un procedimiento, en el cual, el factor de relación de los caudales de flujo suministrados, se controla de una forma variable y continua, de tal forma que, el factor de relación de los caudales de flujo suministrados, se encuentre incluido dentro de por lo menos un rango específico, es posible formar una película delgada, la cual tenga una impermeabilidad a los gases deseable, de una forma más sencilla que en el caso de controlar estrictamente el factor de relación de caudales de flujo suministrados, formando una película delgadas que tenga una impermeabilidad a los gases deseada, y plasmatación de la mezcla de gases, mientras se mantiene estrictamente el factor de relación de los caudales de flujo suministradas. Asimismo, también, es muy difícil controlar el factor de relación de los caudales de flujo suministrados, a un nivel constante, cada vez que se forma la película delgada. No obstante, mediante el procedimiento descrito anteriormente, arriba, es posible formar una película delgada, de una forma repetitiva, sin controlar estrictamente los caudales de flujo suministrados. Así, por lo tanto, la calidad de las películas delgadas producidas, es consistente, incluso a pesar del hecho de que se produzca un gran número de películas delgadas, en el recipiente contenedor cilíndrico 21.

El rango específico, es variable, en concordancia con el tipo de mezcla de gases empleada, y el propósito para formar la película fina. Así, por lo tanto, no existe ninguna limitación, para el rango específico, y es posible el ajustar el rango específico deseable. Asimismo, además, el tiempo para controlar el factor de relación de los caudales de flujo suministradas, dentro de un rango específico, es variable, en concordancia con el tipo de mezcla de gases empleada, y el propósito para formar la película delgada. Así, por lo tanto, no existe ninguna limitación para el tiempo, y es posible ajustar el tiempo deseable. No obstante, es preferible el mantener el factor de relación de las cantidades (caudal) de flujo, durante un transcurso de tiempo que va de 2 a 5 segundos, dentro del rango específico, con objeto de utilizar un compuesto de organosilicio tal como el hexametildisiloxano, como el gas monómero, y utilizar oxígeno, como el gas reactivo, con objeto de formar una película delgada, la cual se esté formada de óxido de silicio, que tenga una deseable impermeabilidad a los gases. Existe un caso, en el cual, una película delgada que tenga la impermeabilidad a los gases deseable, no puede producirse, si el tiempo es inferior a 2 segundos. Si el tiempo excede de los 5 segundos, no se mejora la impermeabilidad a los gases.

Asimismo, también, en ese ejemplo, tal y como se muestra en la figura 4, el factor de relación de los caudales de flujo suministrados, disminuye de una forma continua, mediante dos etapas de reducciones de velocidad diferentes. No obstante, tal tipo de reducción de velocidad de dos etapas, no es un requerimiento absoluto. Así, por ejemplo, es aceptable una reducción en tres ó en más etapas. Asimismo, también, es aceptable si el factor de relación de los caudales de suministro, se reduce, a una velocidad de reducción constante. Asimismo, también, siempre y cuando varíe el factor de relación de los caudales de flujo, al mismo tiempo que se encuentre incluido en por lo menos un rango específico, el factor de relación de los caudales de flujo suministradas, puede incrementarse, en la primera etapa de formación de la película fina. También, asimismo, es aceptable, si el factor de relación de los caudales de flujo suministrados, varía, mientras de repite el incremento y el decrecimiento (reducción), de una forma alternativa. No obstante, como en este ejemplo, en el procedimiento para reducir el factor de relación de los caudales de flujo, de una forma continua, se plasmata una mezcla de gases que tiene una alta densidad de gas monómero, en el período inicial de la primera etapa de formación de la película delgada o fina. Así, por lo tanto, se forma una película delgada más orgánica, sobre una superficie de un substrato. Si el substrato está formado a base de plástico, puede mejorarse la fuerza adhesiva entre el substrato y la película delgada.

Asimismo, también, en este ejemplo, el valor inicial del factor de relación de los caudales de flujo suministrados, se inicia con un valor de 0,1, en la primera etapa de formación de la película delgada, y después de ello, decrece (se reduce), el factor de relación de los caudales de flujo suministrados. Un valor inicial preferible, para el factor de relación de los caudales de flujo suministrados, es el correspondiente a un valor correspondiente a un rango que va desde 0,02 hasta 0,2. De una forma más preferible, dicho valor de relación es el correspondiente a un rango que va desde 0,02 hasta 0,1. Si el factor de relación de los caudales de flujo suministrados, es menor de un valor de 0,01, el factor de relación de los caudales de flujo suministrados, de una forma preferible, no puede encontrarse incluido en el rango específico; así, de este modo, no es posible formar una película delgada que tenga una impermeabilidad a los gases deseable. Por otro lado, si el factor de relación de los caudales de flujo suministrados, excede de un valor de 0,2, será necesario un largo transcurso de tiempo, no deseable, para formar una película delgada.

Asimismo, también, en este ejemplo, el factor de relación de los caudales de flujo suministrados, es variable, mientras el gas reactivo, se suministra mediante un caudal de flujo aproximadamente constante y, únicamente se reduce el caudal de flujo suministrado del gas monómero. En concordancia con este procedimiento, es posible formar una película delgada que tenga una impermeabilidad a los gases deseable. Adicionalmente, además, el factor de relación de los caudales de flujo suministrados, puede reducirse, mediante varios otros procedimientos. Así, por ejemplo, es aceptable el hecho de que, el factor de relación de los caudales de flujo suministrados, del gas reactivo, se incremente, mientras el caudal de flujo del gas monómero, permanezca aproximadamente constante. Asimismo, también, es aceptable el hecho de que, ambos, el caudal de flujo suministrado del gas monómero, y el caudal de flujo suministrado de gas reactivo, varíen, mientras el caudal de flujo suministrado de la mezcla de gases, permanezca aproximadamente constante. Un valor óptimo del caudal de flujo suministrado total, de la mezcla de gases, varía, en concordancia con la capacidad (velocidad de escape) del la bomba de succión; así, por lo tanto, es preferible ajustar el caudal de flujo total de suministro, en concordancia con la capacidad de la bomba de succión.

Asimismo, también, tal y como se ha explicado anteriormente, arriba, en este ejemplo, la mezcla de gases, se plasmaliza, mientras se controla la potencia energética reflejada, generada, para que ésta sea de un porcentaje del 10%, ó inferior, de la potencia energética de alta frecuencia suministrada, de una frecuencia de 100 MHz ó una potencia energética de alta frecuencia inferior, mediante la red de adaptación de impedancia, 32, y suministrando la potencia energética de alta frecuencia, al electrodo de alta frecuencia, 22, mientras se varía la válvula de adaptación. Así, por lo tanto, incluso si la impedancia del plasma varía, debido al hecho de que, el factor de relación de los caudales de flujo suministrados, varía, en la primera etapa de formación de la película delgada, es posible el mantener substancialmente la potencia energética de alta frecuencia, para plasmatizar la mezcla de gases, a un nivel aproximadamente constante, y evitar la reducida impermeabilidad a los gases de la película delgada, debido a un incremento de la potencia energética reflejada. Si la potencia energética reflejada se mantiene en un porcentaje del 10%, o inferior, la impermeabilidad a los gases de la película delgada producida, puede mantenerse a un alto nivel.

Asimismo, también, como en este ejemplo, en el caso de la formación de una película delgada de un óxido de silicio, en una segunda etapa de formación de la película delgada, es preferible el hecho de que, el factor de relación de los caudales de flujo suministrados, del gas monómero, con respecto al gas reactivo, se incremente, después de la primera etapa de formación de la película delgada, explicada anteriormente, arriba. Mediante la segunda etapa de formación de la película fina, es posible el formar una película orgánica, en el exterior de la película delgada formada en la primera etapa de formación de la película delgada. Como resultado de ello, es posible formar una película delgada, la cual no tenga únicamente una impermeabilidad a los gases, sino que también tenga flexibilidad. Así, de este modo, difícilmente se producen grietas, durante la utilización del recipiente contenedor cilíndrico 21.

Con objeto de incrementar el factor de relación de los caudales de flujo suministrados, del gas monómero, con respecto al gas reactivo, es posible disponer de un procedimiento, mediante el cual, se incremente únicamente el caudal de flujo gas monómero. Asimismo, también, es posible disponer de un procedimiento, mediante el cual, se reduzca únicamente el caudal de flujo del gas reactivo. Adicionalmente, además, es preferible un procedimiento, mediante el cual, el caudal de flujo suministrado, total, de la mezcla de gases, se mantenga aproximadamente constante, sin ninguna amplia variación, mediante el cual se incremente el suministro de caudal de flujo del gas monómero, y en donde se reduzca, simultáneamente, el suministro del caudal total de flujo del gas reactivo. Mediante la realización de esto, puede producirse una película delgada que sea más flexible.

Asimismo, también, como en este ejemplo, con objeto de formar una película delgada, flexible, de óxido de silicio, la cual tenga una alta impermeabilidad a los gases, es preferible el hecho de que, el factor de relación de los caudales de flujo suministrados, del gas monómero, con respecto al gas reactivo, sea de un valor de 100, o mayor, en el final. Es mayormente preferible, el hecho de que, dicho factor de relación, sea de 1000 ó mayor. Adicionalmente, además, es preferible el hecho de que, el tiempo necesario para la realización de la segunda etapa de formación de la película delgada, sea el correspondiente a un transcurso de tiempo que va desde 1 segundo hasta 3 segundos.

El procedimiento de formación de la película delgada, el cual se ha explicado anteriormente, arriba, incluye una primera etapa de formación de la película delgada, para plasmatizar la mezcla de gases, mientras que, el factor de relación del suministro de caudales de flujo, varía de una forma continua, de tal forma que, el factor de relación del suministro de caudales de flujo, se encuentre incluido dentro un rango de valores específico. Así, por lo tanto, es

- posible formar fácilmente, una película delgada, que tenga una deseable impermeabilidad a los gases, al mismo tiempo que se evite la variación en la calidad de la superficie, en la película delgada producida, en comparación con un procedimiento, mediante el cual, el factor de relación de los caudales de flujo suministrados, se controle estrictamente, de tal forma que, una película delgada, tenga una deseable impermeabilidad a los gases, y que, la mezcla de gases, se plasmatice, mientras que, el factor de relación de los caudales de flujo suministrados, se mantenga estrictamente. Adicionalmente, además, es posible formar una película fina, que no únicamente tenga impermeabilidad a los gases, sino que también tenga flexibilidad, en la segunda etapa de formación de la película delgada, anteriormente descrita, arriba.
- Asimismo, también, incluso si se forma una película delgada, sobre una gran número de recipientes contenedores cilíndricos, 21, es posible formar una película fina (delgada) que tenga una alta impermeabilidad a los gases, de una forma estable, al mismo tiempo que se eviten las variaciones en la calidad de la superficie, entre los recipientes contenedores, de una forma particular, mediante la utilización de un dispositivo de formación de películas finas, 10, el cual se muestra en los dibujos, y el cual pueda suministrar una potencia energética de alta frecuencia, a partir de una sección de suministro de potencia energética de alta frecuencia, 30, a una pluralidad de cámaras de formación de películas delgadas, 20. Adicionalmente, además, el dispositivo de formación de películas delgadas, 10, puede ser una estructura compacta. Así, por lo tanto, es preferible el dispositivo de formación de la película fina, 10, con vistas a disponer de un bajo coste de las instalaciones.
- En la dirección de la anchura del puerto de generación de gas, se encuentran formadas cinco hendiduras, 2a, teniendo, cada una de las cuales, una anchura de 0,5 mm. Aquí, tal y como se muestra, en los dibujos, el puerto de generación de gas, 23a, se encuentra formado sobre la punta del electrodo de tierra, 23, en el dispositivo de formación de películas delgadas, 10. No obstante, no existen limitaciones en cuanto a lo referente al número de hendiduras, en cuanto a lo referente a la anchura de las hendiduras y en cuanto a lo referente a los intervalos entre las hendiduras. Adicionalmente, además, no existe ninguna limitación en cuanto a lo referente al tamaño. Es decir que, es aceptable una forma oval, etc. No obstante, la diferencia de presión entre la parte interior y la parte exterior del electrodo de tierra, 23, se incrementa, si el puerto de generación de gases, 23a, se encuentra formado por hendiduras, teniendo, cada una de éstas, una anchura de 0,5 mm, o una anchura más estrecha, o si el puerto de generación de gases, 23c, se encuentra formado por lo menos por un orificio, 23c, que tenga un diámetro de 0,5 mm ó un diámetro más pequeño, tal y como se muestra en la figura 6. En estos casos, la mezcla de gases, se plasmatiza de una forma limitada. Como resultado de ello, el espesor de la película delgada, no es diferente, entre la sección en las proximidades cercanas al puerto de generación de gas, 23a, en una superficie interior del recipiente contenedor cilíndrico 21, y el resto de la sección. Así, de este modo, la película delgada formada, se forma uniformemente.
- Asimismo, también, es preferible el hecho de que, la rugosidad media superficial (R_a), de la superficie exterior del electrodo de tierra 23, se encuentre comprendida dentro de unos márgenes que van desde los 5 μm hasta los 50 μm . Esto significa que, cuando se genera una mezcla de gases, en el puerto de generación de gases, 23a, formada en el electrodo de tierra 23, y se plasmatiza la mezcla de gases, se forma una película delgada, no únicamente sobre la superficie interior del recipiente contenedor cilíndrico, 21, sino también, en la superficie exterior del electrodo de tierra 23. Aquí, si la rugosidad media superficial (R_a), de la superficie exterior del electrodo de tierra, 23, se encuentra arrugada, en un rango correspondiente a un valor comprendido dentro de unos márgenes que van desde los 5 μm hasta los 50 μm , se incrementa el contacto entre la película delgada y la superficie exterior, incluso si la película delgada, se forma sobre esta superficie exterior. Asimismo, también, existe una repetición de la expansión y la contracción, del electrodo de tierra 23, debido al calor. Como resultado de ello, existe un efecto consistente en que, la tensión, se reduce, incluso si la tensión se aplica a la película delgada. Así, por lo tanto, es posible el restringir la contaminación del recipiente contenedor cilíndrico, 21, debido al desprendimiento por pelado de la película delgada de óxido de silicio, a partir de la superficie exterior del electrodo de tierra, 23, mientras se utiliza el dispositivo de formación de películas finas, 10. Aquí, si la rugosidad superficial media, es de un valor de 5 μm , o inferior, la rugosidad, es insuficiente. Así, por lo tanto, no es posible el restringir el desprendimiento por pelado, de la película delgada, de una deseable. Por otro lado, algunas veces, puede acontecer una descarga eléctrica anormal, en una región que tenga un rugosidad excesiva, correspondiente a un valor que se encuentre por encima de los 50 μm . En dicho caso, una película delgada, no puede formarse de una forma estable.
- Asimismo, además, incluso a pesar de que la superficie exterior del electrodo de tierra 23, se encuentre arrugado de esta manera, es necesario el retirar periódicamente la película delgada formada sobre el electrodo de tierra, 23, si la película delgada, tiene un cierto grado de espesor. Así, por lo tanto, es mayormente preferible el hecho de que, se encuentre dispuesta una tubería (conducto) de cobertura desmontable, 26, cuya superficie exterior, tenga de 5 a 50 μm de rugosidad superficial media (R_a), sobre la periferia exterior del electrodo de tierra 23, tal y como se muestra en la figura 7, con objeto de reemplazar la tubería de cobertura actualmente dispuesta mediante una nueva tubería de cobertura 26, cuando la superficie exterior de la tubería de cobertura actualmente dispuesta, tenga un cierto grado de espesor de la película delgada. Procediendo a realizar esta actuación, es posible poder continuar con la operación del dispositivo de formación de la película delgada, debido al hecho de que, la tubería de cobertura 26, pueda reemplazarse por una nueva tubería de cobertura, de una forma eficaz y rápida, incluso si se forma un cierto grado de espesor de la película delgada, sobre la superficie exterior de la tubería o conducto de cobertura 26. Así, de este modo, existe una capacidad de mantenimiento superior,

No existe ninguna limitación, para el procedimiento de regulación de la rugosidad superficial media, en el rango de valores citado anteriormente, arriba. Así, por ejemplo, es posible el citar un procedimiento de chorro de arena o un procedimiento de ataque (decapado) mediante acidificación química. De una forma alternativa, es posible controlar la rugosidad superficial media, procediendo a proyectar mediante pulverización, un metal o cerámica, sobre la superficie exterior del electrodo de tierra 23, o sobre la superficie exterior de la tubería o conducto de cobertura 26. La superficie del material proyectado mediante pulverización, formado a base de metal o de cerámica, no es únicamente rugosa, sin también porosa, en su interior. Así, por lo tanto, el material proyectado en forma pulverizada, tiene un contacto superior, con respecto a la película delgada. Así, de este modo, es posible el evitar el que la película delgada se elimine o se desprenda por pelado, de la superficie exterior del electrodo de tierra 23, y de la superficie exterior del conducto o tubería de cobertura 26.

Asimismo, también, en la cámara de formación de películas, en el dispositivo de formación de películas delgadas, tal y como se muestra en la figura 8, puede encontrarse dispuesto un espaciador (distanciador) aislante cilíndrico, 27, entre el recipiente contenedor cilíndrico 21, y el electrodo de alta frecuencia, 22, mientras que, el recipiente contenedor cilíndrico 21, se encuentra dispuesto en el interior del electrodo de alta frecuencia 22. Procediendo a actuar de este modo, es posible formar una película delgada, sobre varios recipientes contenedores cilíndricos, 21, que tengan varios tamaños y varias formas exteriores.

Esto significa el hecho de que, si se forma una película delgada, sobre la superficie de un recipiente contenedor cilíndrico, 21, que tenga un reducido diámetro, se utiliza un espaciador cilíndrico, 27, relativamente grueso. Como resultado de ello, se reduce el volumen del espacio entre el recipiente contenedor cilíndrico 21, y el electrodo de alta frecuencia 22; así, de este modo, es posible el evacuar el espacio en la cámara de formación de películas delgadas, de una forma rápida. Asimismo, también, incluso si se utiliza el espaciador (distanciador), 27, el recipiente contenedor cilíndrico 21, es posiciona coaxialmente con el electrodo de alta frecuencia 22; así, por lo tanto, el espesor de la película delgada producida, es uniforme. Asimismo, también, si la sección transversal del recipiente contenedor cilíndrico, 21, tiene una forma no circular, tal como una forma oval o una forma rectangular, es posible formar una película delgada, que tenga una deseable permeabilidad a los gases, con un espesor uniforme, sobre cualquier tipo de los recipientes contenedores cilíndricos, 21, mediante la utilización del espaciador 27, cuya sección transversal de la superficie interior, tenga una forma exterior, la cual sea similar al recipiente contenedor cilíndrico 21.

Asimismo, también, en tal caso, es posible formar una película fina sobre la superficie interior del recipiente contenedor cilíndrico 21, de una forma eficiente, procediendo a depositar el espaciador 27, de tal forma que contacte con la superficie interior del electrodo de alta frecuencia, 22.

Adicionalmente, además, tal y como se ha explicado anteriormente, arriba, es posible formar una película delgada, de una forma estable, sobre varios recipientes contenedores cilíndricos 21, que tengan diferentes tamaños y diferentes formas exteriores, mediante la utilización del espaciador 27. Asimismo, también, es posible restringir la contaminación, en la mezcla de gases, sobre una superficie interior del electrodo de alta frecuencia 22. Si la superficie interior del electrodo de alta frecuencia, 22, se encuentra contaminada, entonces, algunas veces, disminuye la eficiencia de la descarga de electricidad. Así, por lo tanto, es posible evitar el que disminuya la eficiencia de la descarga de electricidad, mediante la utilización, de esta forma, del espaciador 27. Así, de este modo, la calidad de la superficie de la película delgada, es estable, durante un prolongado transcurso de tiempo.

Es posible citar plásticos y cerámicas, como materiales para formar el espaciador 27, debido al hecho de que, éstos, no afectan a la eficacia de la descarga de electricidad, en el electrodo de alta frecuencia 22, incluso si su superficie interior, se encuentra contaminada. De una forma particular, es posible citar plásticos, debido a su conformabilidad.

Tal y como se ha explicado anteriormente, arriba, el procedimiento de formación de películas delgadas, incluye a la primera etapa de formación de la película delgada, en la cal, la mezcla de gases, se plasmatiza, mientras el factor de relación de los caudales de flujo suministrados, varía continuamente, de tal forma que, el factor de relación de los caudales de flujo, se encuentra incluida en por lo menos el rango específico. Así, por lo tanto, en comparación con un procedimiento, en el cual, el factor de relación de los caudales de flujo suministrados, se controla estrictamente para que éste se encuentre dentro de un rango determinado, es posible el formar de una forma fácil, una película delgada que tenga una deseable impermeabilidad a los gases, sin una calidad irregular de la superficie de la película delgada. Asimismo, también, es poco probable el hecho de que acontezcan variaciones, en la calidad de la superficie, cuando se forman las películas, sobre un gran número de sustratos. Adicionalmente, además, en la segunda etapa de formación de la película delgada, descrita anteriormente, arriba, es posible formar una película delgada, la cual no únicamente tenga impermeabilidad a lo gases, sino también flexibilidad, después de la primera etapa de formación de la película delgada.

Asimismo, también, tal y como se muestra en los dibujos, puede utilizarse un cierto tipo del dispositivo de formación de películas delgadas, 10, el cual pueda suministrar potencia energética de alta potencia, a partir de una sección de suministro de energía de alta potencia, 30, a una pluralidad de cámaras de formación de películas delgadas, 20. Procediendo de esta forma, incluso si la película se forma sobre un gran número de sustratos, es posible formar

una película delgada, la cual tenga una alta impermeabilidad a los gases, de una forma más estable y más productiva, sin variaciones en la calidad de la superficie, entre los contenedores. Adicionalmente, además, el dispositivo de formación de películas delgadas, 10, tiene una estructura compacta. Así, por lo tanto, el dispositivo de formación de películas delgadas, 10, es preferible, en vistas a los reducidos costes de la instalación.

En la película delgada anteriormente explicada, arriba, el procedimiento de formación de películas delgadas, el recipiente contenedor cilíndrico de plástico, 21, se muestra como un ejemplo del sustrato. No existe ninguna limitación, en cuanto a lo referente al material para formar el sustrato. El vidrio, es aceptable, como material para formar el sustrato, siempre y cuando puede formarse, sobre éste, una película delgada, la cual pueda realizar funciones predeterminadas, de una forma estable. Asimismo, también, en cuanto a lo referente a su forma, el sustrato, no se encuentra limitado a un recipiente contenedor.

Adicionalmente, además, si bien las explicaciones facilitadas anteriormente, arriba, se proporcionan para el caso, en el cual, la mezcla de gases incluya el gas monómero y el gas reactivo, la mezcla de gases, puede incluir un gas inerte, tal como el helio, el argón, etc. Asimismo, además, en cuanto a lo referente al gas monómero, el cual se utiliza para formar la película delgada, el cual está formado de óxido de silicio, es posible seleccionarlo de entre hexametildisiloxano, 1, 1, 3, 3- tetrametildisiloxano, viniltrimetilsilano, metiltrimetoxisilano, hexametildisilano, metilsilano, dimetilsilano, trimetilsilano, dietilsilano, propilsilano, fenilsilano, viniltrióxido de silicio, viniltrimetoxisilano, tetrametoxisilano, tetraetoxisilano, feniltrimetoxisilano, metiltrióxido de silicio, y octametilciclotetrasiloxano. De una forma particular, se prefieren el 1, 1, 3, 3- tetrametildisiloxano, el hexametildisiloxano, y el octametilciclotetrasiloxano. No obstante, es también posible utilizar el aminosilano y el silazano.

Asimismo, también, es posible formar una película delgada de alúmina, mediante la utilización de un aluminio organo-metálico, tal como el trimetilaluminio, como gas monómero.

Asimismo, también, es posible utilizar no únicamente oxígeno, sino también, óxido nitroso, dióxido de carbono, y ozono, como gas reactivo oxidante.

Ejemplo Experimental

En la parte que sigue de este documento, la presente invención, se explica específicamente, en detalle, con respecto a Ejemplos Experimentales.

Ejemplo Experimental 1

Se procede a disponer un recipiente contenedor cilíndrico, 21, el cual está fabricado a base de poli(tereftalato de etileno), y que tiene una sección transversal cilíndrica, y una capacidad de 500 ml, en una cámara de formación de películas delgadas, 20. Se procede a evacuar el espacio en la cámara de formación de película delgada, 20 (presión inicial para formar una película delgada: 10 Pa). Después de esto, el caudal de flujo de hexametildisiloxano (gas monómero), y caudal de flujo del oxígeno (gas reactivo), se controlan mediante un controlador de flujo de masas (caudales de flujo). El gas monómero y el gas reactivo, se suministran a partir del extremo de la base del electrodo de tierra 23 (tubería de introducción de gas). El caudal de flujo inicial del hexametildisiloxano, es de 10 ml/minuto. El caudal de flujo inicial del suministro de oxígeno, es de 500 ml/minuto (es decir, el factor de relación inicial de los caudales de flujo = 0,02). Asimismo, también, tal y como se muestra en la figura 3, se prepara el electrodo de tierra 23, el cual tiene un puerto de generación de gases, 23a, en la sección de la punta del electrodo de tierra, 23, y que consiste en cinco hendiduras aproximadamente rectangulares, 23b, con una anchura de 0,5 mm. Asimismo, también, tal y como se muestra en la figura 7, la tubería (conducto) de cobertura, de cobre, 26 que tiene una rugosidad media de superficie (Ra) de 10 μm , y que está acabada con un tratamiento de chorro de arena, se encuentra dispuesta sobre la periferia exterior del electrodo de tierra 23.

A continuación, se procede a suministrar una potencia energética de 13,56 MHz, en la cámara de formación de películas delgada, 20, durante un transcurso de tiempo de 5 segundos, mediante el suministro de 400 watt de electricidad. Procediendo de este modo, se forma una película delgada. Durante este período de tiempo, el factor de relación de los caudales suministrados de hexametildisiloxano con respecto al oxígeno, varía de una forma continua, tal y como puede verse en la TABLA 1.

Como resultado de ello, se forma, de una modo uniforme, una película delgada de óxido de silicio, sobre la superficie interior del recipiente contenedor cilíndrico 21. Adicionalmente, además, se procede a repetir la operación anteriormente descrita, arriba. Así, de este modo, se forma, la película delgada, sobre 30 recipientes contenedores cilíndricos, 21, en total. La permeabilidad del oxígeno, se mide, en cada uno de estos recipientes contenedores 21; Así, de este modo, se calcula su valor medio, y su desviación estándar. Como resultado de ello, y tal y como se muestra en la TABLA 2, se clarifica el hecho de que, es posible formar una película delgada, en la cual, cada valor medio, y cada desviación estándar, de la permeabilidad del oxígeno, sean pequeñas, la impermeabilidad al oxígeno, es alta, y la calidad de la superficie, no varíe. Aquí, la permeabilidad al oxígeno, se mide mediante Oxitran 10/50, de la firma Mocon Inc. aquí, en el interior del recipiente contenedor cilíndrico, 21, la temperatura, es de un valor de 25°C, en una atmósfera de mezcla de gases de de nitrógeno /oxígeno de 90%. El espacio exterior del recipiente

contenedor cilíndrico, es de una temperatura de 25°C, en una condición atmosférica del 65%.

Adicionalmente, además, si bien la película delgada, se forma mediante el procedimiento anteriormente descrito, arriba, miles de veces, la película delgada producida, nunca se desprende por pelado, de la superficie exterior de la tubería (conducto) de cobertura 26.

Ejemplos Experimentales 2 a 10

Se forma una película delgada de óxido de silicio, sobre la superficie interior del recipiente contenedor cilíndrico, 21, de un modo similar al del Ejemplo Experimental 1, excepto en cuanto a lo referente al hecho de que, el caudal de flujo suministrado de hexametildisiloxano (gas monómero) y el caudal de flujo suministrado de oxígeno (gas reactivo), se ajustan de la forma que se muestra en la TABLA 1, y el factor de relación de los caudales de flujo suministrados, varía en concordancia con la TABLA 1. Adicionalmente, además, la operación descrita anteriormente, arriba, se repita, en cada uno de los Ejemplos Experimentales. Así, de este modo, la película delgada, se forma sobre 30 recipientes contenedores cilíndricos, 21, en tota. La permeabilidad del oxígeno, se mide, en cada uno de estos recipientes contenedores, 21; Así, de este modo, se calculan su valor medio y su desviación estándar. Como resultado de ello, y tal y como se muestra en la TABLA 2, se clarifica el hecho de que es posible formar una película delgada, en la cual, cada valor medio, y cada desviación estándar, de la permeabilidad del oxígeno, son pequeñas, la impermeabilidad al oxígeno es grande, y la calidad de superficie, no varía.

Asimismo, también, la presión interna, en los recipientes contenedores 21, la cual se utiliza en los Ejemplos Experimentales 5 y 9, se mantiene, a un valor de 7 kg/cm², durante un transcurso de tiempo de 2 horas, y después de que la permeabilidad al oxígeno, se haya medido, con objeto de evaluar la flexibilidad de la película delgada formada sobre los contenedores cilíndricos 21. Como resultado de ello, las permeabilidad al oxígeno, son de 0,028 fmol/s·Pa y de 0,023 fmol/s·Pa, respectivamente. En el Ejemplo Experimental 9, en el cual, la segunda etapa de formación de la película delgada, se lleva a cabo, después de la primera etapa de formación de la película delgada, la permeabilidad al oxígeno, no varía, antes y después de que se presurice el espacio existente en el interior del recipiente contenedor 21. La permeabilidad al oxígeno, se incrementa ligeramente, en el Ejemplo Experimental 5, en el cual, se omite la segunda etapa de formación de la película delgada. Esto es debido al hecho de que, la película delgada producida, tiene una suficiente flexibilidad, debido a la segunda etapa de formación de la película delgada. Procediendo así, de esta forma, no se generan grietas, debido al hecho de que, la película delgada ajustable, varía, en cuanto a lo referente a su forma, incluso se el recipiente contenedor 21, se deforma ligeramente; así, de este modo, la impermeabilidad al oxígeno, se mantiene, de una forma deseable.

Ejemplo Experimental 11

Tal y como se muestra en la figura 1, las películas, se producen sobre cuatro juegos de recipientes contenedores cilíndricos de tereftalato de polietileno, 21, de una forma simultánea, recipientes contenedores cilíndricos éstos, los cuales tienen secciones transversales circulares. Con objeto de proceder de este modo, se utilizan cuatro juegos de cámaras de formación de películas delgadas, 20, y un dispositivo de formación de películas delgadas, 10, el cual se encuentra provisto de una sección de suministro de potencia energética alta frecuencia, 30, para suministrar la potencia energética de alta potencia, a cada electrodo de alta frecuencia 22. En cada una de las cámaras de formación de películas delgadas, 20, se utiliza el mismo electrodo de tierra, 23, como en el Ejemplo Experimental 1.

El suministro inicial del caudal de flujo de hexametildisiloxano, como gas monómero, es de 10 ml/minuto, en cada una de la cámaras de formación de películas delgadas, 20. El suministro inicial del caudal de flujo de oxígeno, como gas reactivo, es de 500 ml/minuto, en cada una de la cámaras de formación de películas delgadas, 20. (Esto significa el hecho de que, el factor de relación de los caudales de flujo inicialmente suministrados = 0,02). Después de esto, el factor de relación del suministro de los caudales de flujo del hexametildisiloxano, con respecto al oxígeno, varía, de la forma que se encuentra mostrada en la TABLA 1.

Asimismo, también, la presión inicial, para forma una película delgada, es de 10 Pa. La potencia energética suministrada (electricidad cargada), es de 400 watt, en cada una de las cámaras de formación de películas finas, 20 (1600 watt, en total). Se forma una película delgada, procediendo a suministrar 13,56 MHz de potencia energética de alta frecuencia, durante un transcurso de tiempo de 5 segundos. Aquí, el valor de adaptación, varía, durante el suministro de la potencia energética de alta potencia. Asimismo, también, la potencia energética reflejada, se controla, de tal forma que sea de 160 watt, de una forma constante, lo cual es un porcentaje del 10%, ó inferior, de la electricidad suministrada.

Adicionalmente, además, se procede a repetir la operación anteriormente descrita, arriba. La película delgada, se forma sobre 30 recipientes contenedores cilíndricos, 21, en total; así, de este modo, la película delgada, se forma sobre 120 recipientes contenedores cilíndricos, 21, en el dispositivo de formación de películas delgadas, 10, en total. Adicionalmente, además, se procede a medir la permeabilidad al oxígeno, en cada uno de estos recipientes contenedores, 21; así, de este modo, se calcula su valor medio, y desviación estándar. Como resultado de ello, y tal y como se muestra en la TABLA 2, resulta evidente el hecho de que, es posible, formar una película delgada, en la cual, cada valor medio, y cada desviación estándar, de la permeabilidad al oxígeno, sean pequeños, que la

impermeabilidad al oxígeno, sea grande, y que la superficie, no varíe.

Ejemplos Comparativos 1 a 8

- 5 Se procede a formar una película delgada, de una forma similar a la que se describió en el Ejemplo Experimental 1, excepto en cuanto a lo referente al hecho de que, el factor de relación de los caudales de flujo suministrados, es constante, según se muestra en la TABLA 1. Se procede a medir la impermeabilidad al oxígeno, en los 30 recipientes contenedores cilíndricos, 21, en total. Los resultados obtenidos, se muestran en la TABLA 1, de una forma similar a la del Ejemplo Experimental 1.

10

TABLA 1

	Caudal de flujo suministrado (cm ³ /minuto)											
	Valor inicial(0 s)		Después de 1 s		Después de 2 s		Después de 3 s		Después de 4 s		Después de 5 s	
	Gas monó-mero	Gas reac-tivo	Gas monó-mero	Gas reac-tivo	Gas monó-mero	Gas reac-tivo	Gas monó-mero	Gas reac-tivo	Gas monó-mero	Gas reac-tivo	Gas monó-mero	Gas reac-tivo
F.p. 1	10	100	5	100	3	100	2	100	1	100	0	100
F.p. 2	20	100	10	100	6	100	4	100	2	100	0	100
F.p. 3	25	100	12,5	100	7,5	100	5	100	2,5	100	0	100
F.p. 4	5	100	2,5	100	1,5	100	1	100	0,5	100	0	100
F.p. 5	2	100	1	100	0,6	100	0,4	100	0,2	100	0	100
F.p. 6	1	100	0,5	100	0,3	100	0,2	100	0,1	100	0	100
F.p. 7	20	100	10	100	6	100	4	100	2	100	50	100
F.p. 8	25	100	12,5	100	7,5	100	5	100	2,5	100	50	100
F.p. 9	2	100	1	100	0,6	100	0,4	100	0,2	100	50	100
F.p. 10	1	100	0,5	100	0,3	100	0,2	100	0,1	100	50	100
F.p.1 1	10	100	5	100	3	100	2	100	1	100	0	100
Ej. c. 1	0,1	100	0,1	100	0,1	100	0,1	100	0,1	100	0,1	100
Ej. c. 2	0,2	100	0,2	100	0,2	100	0,2	100	0,2	100	0,2	100
Ej. c. 3	0,5	100	0,5	100	0,5	100	0,5	100	0,5	100	0,5	100
Ej. c. 4	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100
Ej. c. 5	2	100	2	100	2	100	2	100	2	100	2	100
Ej. c. 6	5	100	5	100	5	100	5	100	5	100	5	100
Ej. c. 7	10	100	10	100	10	100	10	100	10	100	10	100
Ej. c. 8	20	100	20	100	20	100	20	100	20	100	20	100

F.p. = Forma de presentación

Ej. c. = Ejemplo comparativo

s = segundos

15

TABLA 2

	Permeabilidad al oxígeno (fmol/sPa)	
	Valor medio	Desviación estándar
Forma de presentación 1	0,015	0,0014
Forma de presentación 2	0,018	0,0015
Forma de presentación 3	0,030	0,0017
Forma de presentación 4	0,010	0,0011
Forma de presentación 5	0,021	0,0015
Forma de presentación 6	0,039	0,0016
Forma de presentación 7	0,022	0,0013
Forma de presentación 8	0,040	0,0017

20

Continuación TABLA 2

	Permeabilidad al oxígeno (fmol/sPa)	
	Valor medio	Desviación estándar
Forma de presentación 9	0,024	0,0018
Forma de presentación 10	0,045	0,0021
Forma de presentación 11	0,016	0,0015
Ejemplo comparativo 1	0,125	0,0098
Ejemplo comparativo 2	0,088	0,0075
Ejemplo comparativo 3	0,076	0,0068
Ejemplo comparativo 4	0,064	0,0045
Ejemplo comparativo 5	0,040	0,0041

Ejemplo comparativo 6	0,056	0,0056
Ejemplo comparativo 7	0,126	0,0112
Ejemplo comparativo 8	0,240	0,0125

Tal y como se muestra claramente en las TABLAS 1 y 2, es posible formar películas delgadas, que tengan una deseable permeabilidad al oxígeno, sobre muchos recipientes contenedores, sin variación en la calidad de la superficie, en las formas de presentación, en la cuales, las películas delgadas, se forman mediante la primera etapa

- 5 formación de películas delgadas, para generar un plasma, mientras se reduce el factor de relación de los caudales de flujo de suministro, del gas monómero con respecto al gas reactivo. De una forma particular, se encuentra el hecho de que, en la forma de presentación, en la cual, la segunda etapa de formación de la película delgada, se lleva a cabo, después de la primera etapa de formación de la película delgada, la película producida, tiene flexibilidad.
- 10 Por otro lado es posible formar una película delgada que tenga una impermeabilidad a los gases deseable, en algunos de los ejemplos comparativos, en los cuales, el factor de relación de los caudales de flujo del suministro del gas monómero, con respecto al gas reactivo, se controle constantemente. No obstante, en muchos casos, no puede formarse una película delgada que tenga una deseable impermeabilidad a los gases, y la calidad de la superficie, de las películas delgadas producidas, varía en un gran modo.

15 Se procede, a continuación, a explicar un dispositivo de formación de películas delgadas

Dispositivo de formación de películas delgadas

- 20 La figura 9, es una vista general que muestra un ejemplo del dispositivo de formación de películas delgadas. Como una estructura general, este dispositivo de formación de películas delgadas, incluye una cámara de formación de películas delgadas, 111, en la cual, una mezcla de gases que incluye un gas de un compuesto de organosilicio y un gas oxidante, se plasmaliza, de tal forma que se forme una película delgada de óxido de silicio (membrana de SiOx), sobre un sustrato, un espectrómetro óptico 112 (sección de medición), para medir la intensidad de los rayos alfa del hidrógeno radiados a partir de un plasma, en la cámara de formación de películas delgadas, 111, y la medición de una intensidad de los rayos de una radiación de oxígeno, una fibra óptica 114, para transmitir los rayos de la radiación, separados a partir de un puerto de visión (ventanilla de observación) de vidrio 113, dispuesto en la cámara de formación de la película delgada, 111, hacia el espectrómetro óptico, 112, una computadora de control, 115, para controlar la intensidad de los rayos alfa del hidrógeno, medida mediante el espectrómetro óptico 112, y para controlar la intensidad de los rayos de la radiación del oxígeno, unas secciones de suministro de gas, 116, 117, para suministrar el gas del compuesto de organosilicio y el gas oxidante, a la cámara de formación de películas delgadas, 111, una bomba de vacío, 118, para evacuar el espacio de la cámara de formación de películas delgadas, 111, un manómetro 119, para medir la presión, en la cámara de formación de películas delgadas, 111, y un suministro de potencia energética de alta frecuencia, 120, para suministrar la potencia energética de alta potencia, a la cámara de formación de películas delgadas, 111.

Cámara de formación de películas delgadas

- 40 Tal y como se muestra en la figura 10, la cámara de formación de películas delgadas, 111, incluye: un electrodo exterior 124, que tiene una sección cilíndrica 122, para contener un recipiente contenedor de plástico, 121 (sustrato) a través del cual puede transmitirse radiación, y una sección de cobertura (tapa), 123, dispuesta de una forma susceptible de poderse desmontar, sobre la superficie extrema superior de la sección cilíndrica, 122; una placa de aislamiento 126, formada sobre la superficie extrema del fondo de la sección cilíndrica 122, y que tiene un orificio de soporte, para soportar la sección del puerto del recipiente contenedor 121; una sección del fondo, 128, dispuesta sobre el extremo del fondo de la sección cilíndrica 122, para cubrir la placa aislante, 126, y que tiene un puerto de escape, 127, sobre la superficie del fondo; una tubería de introducción de gas, 129, de la cual, el extremo (punta), se introduce en el interior del recipiente contenedor 121, desde el exterior de la cámara de formación de películas delgadas, 111, a través de un orificio sobre la superficie lateral de la sección de fondo, 128, y un orificio de soporte, 125, formado en la placa de aislamiento, 126; y un puerto de visión (ventanilla de observación) de vidrio 113, el cual se encuentra dispuesto sobre una pared lateral de la sección del cilindro, 122, conectando la sección del extremo (punta), 130, de la fibra óptica 114.

- 55 Aquí, el electrodo exterior 124, se encuentra conectado al suministro de potencia energética de alta frecuencia 120. La sección cilíndrica 122 y la sección de cobertura, 123, las cuales forman el electrodo exterior 124, se encuentran formadas mediante un miembro conductor, para el suministro de potencia energética de alta frecuencia, a partir del suministro de potencia de alta frecuencia, 120.

- 60 Asimismo, también, la tubería (conducto) de introducción de gas, 129, introduce un gas de un compuesto de organosilicio y un gas oxidante, al interior del recipiente contenedor, 121. Adicionalmente, además, la tubería de introducción de gas, 129, está formada por un miembro conductor, de tal forma que sirva como electrodo de tierra, cuando se encuentra conectado a tierra.

Asimismo, también, el manómetro 119, se encuentra conectado a la sección del fondo, 128; así, de esta forma, es

posible el medir la presión, en la cámara de formación de películas delgadas, 111.

Sección de medición

5 El espectrómetro óptico, 112, incluye: un primer filtro de paso de banda, para separar únicamente una gama o rango específico de longitudes de onda, de los rayos de radiación procedentes de bien ya se uno o bien ya sea de los dos juegos, de rayos de radiación divididos, los cuales se separan a partir del puerto de visión (ventanilla de observación) 113, y se transmiten al espectrómetro óptico, 112, a través de la fibra óptica, 114; un segundo filtro de paso de banda, para separar únicamente el resto de la gama (rango) específica de longitudes de onda, de los dos juegos de rayos de radiación divididos; un primer sensor óptico, para la recepción de los rayos de radiación, los cuales pasan a través del primer filtro de paso de banda; y un segundo sensor óptico, para recibir los rayos de radiación los cuales pasan a través del segundo filtro de paso de banda.

15 Aquí, en este caso, con objeto de transmitir únicamente la longitud de onda (656 nm) de los rayos alfa del hidrógeno, y los rayos de la radiación los cuales corresponden a unas longitudes de onda cercanas a esta longitud de onda, la permeabilidad de los rayos de la radiación que tienen un rango de longitudes de onda que se encuentren fuera de un valor de 656 ± 5 nm, es de un porcentaje del 1%, ó inferior, en el primer filtro de paso de banda.

20 Aquí, en este caso, con objeto de transmitir únicamente esta longitud de onda (777 nm) de los rayos de radiación del oxígeno, y los rayos de la radiación los cuales corresponden a unas longitudes de onda cercanas a esta longitud de onda, la permeabilidad de los rayos de la radiación que tienen un rango de longitudes de onda que se encuentren fuera de un valor de 777 ± 5 nm, es de un porcentaje del 1%, ó inferior, en el segundo filtro de paso de banda.

25 Es posible utilizar un elemento fotoeléctrico usualmente conocidos, tal como un foto-diodo, o un foto-transmisor, para el sensor óptico.

Sección de almacenaje, Sección de determinación

30 Tal y como se muestra en la figura 11, como estructura general, la computadora de control, 115, incluye una sección de almacenaje, 131 (sección de almacenaje), un sección de cálculo, 132 (sección de determinación), y una sección de determinación, 133 (sección de determinación).

35 Aquí, en este caso, la sección de almacenaje, 131, almacena valores medios (o un valor central), de la intensidad de los rayos alfa de la radiación del hidrógeno, y la intensidad de los rayos de radiación del oxígeno, como valores estándar, con respecto a un proceso previo de formación de películas delgadas, en el cual, el proceso de fabricación, para la película delgada, era el mismo que el proceso de fabricación de películas delgadas correspondiente al presente procedimiento y, en el cual, los resultados de la inspección, eran exitosos (es decir que, una película delgada de organosilicio, tenía una deseable calidad de superficie). Asimismo, también, la sección de almacenaje, 131, almacena gamas (rangos) de la intensidad de los rayos alfa del hidrógeno, y la intensidad de los rayos de radiación del oxígeno, lo cual facilita la obtención de una película delgada de óxido de silicio, que tenga una deseable calidad de superficie. Estas gamas (rangos), representan una gama tolerable (umbral), para la desviación de estos valores de intensidad, a partir de los valores estándar. Aquí, en este caso, la sección de almacenaje, 131, puede ser una memoria volátil, tal como un memoria del tipo RAM (memoria de acceso aleatoria [RAM, del inglés, Random Access Memory]-), un dispositivo de disco duro, un dispositivo óptico de disco magnético, y una memoria flash (memoria instantánea). Asimismo, también, la sección de almacenaje, 131, puede consistir en una combinación de estos dispositivo de memoria volátiles.

50 La sección de cálculo, 132, calcula las diferencias entre la intensidad de los rayos alfa del hidrógeno, medida mediante el espectrómetro óptico, 122, en el proceso de formación de películas finas, actualmente operado, y el valor estándar de los rayos alfa del hidrógeno, almacenado, en la sección de almacenaje 131, y entre la intensidad de los rayos de la radiación del oxígeno, medida mediante el espectrómetro óptico 112, y el valor estándar de los rayos de la radiación del oxígeno, almacenado en la sección de almacenaje 131.

55 La sección de determinación, 133, determina el hecho de si, la diferencia entre estas intensidades y los valores estándar, se encuentran, o no, dentro de los márgenes de tolerancia, los cuales se almacenan en la sección de almacenaje, 131.

60 La computadora de control, 115, explicada anteriormente, arriba, puede consistir en una memoria y una unidad central de procesamiento (CPU). Con objeto de ejecutar las funciones descritas anteriormente, arriba, pueden cargarse programas en la memoria. Asimismo, también, las funciones descritas anteriormente, arriba, pueden ejecutarse mediante un sistema informático de "hardware", el cual se encuentre diseñado y producido para un uso específico.

65 Asimismo, también, pueden encontrarse conectados accesorios, a la computadora de control 115, incluyendo un dispositivo de introducción de datos, 134, tales como un panel táctico de exposición, un cuadro de mandos, y un teclado, y un aparato accesorio, incluyendo un dispositivo de salida de datos, 135, tales como un monitor de CRT, un dispositivo de pantalla líquida, y una impresora.

El dispositivo de introducción de datos, 134, almacena los valores estándar y los rangos de tolerancia, en la sección de almacenaje 131, de tal forma que, los valores estándar y los rangos tolerables, se determinan, en concordancia con la intensidad de los rayos alfa del hidrógeno, y la intensidad de los rayos de la radiación del oxígeno, con respecto a un proceso previo de formación de películas delgadas, mediante el cual, se produjo la película delgadas de óxido de silicio, que tenía una deseable calidad de superficie.

Así, por ejemplo, el dispositivo de salida de datos, 135, da, como datos de salida: la intensidad de los rayos alfa del hidrógeno, y la intensidad de los rayos de la radiación del oxígeno, las cuales se miden mediante el espectrómetro óptico 112; el valor estándar de los rayos alfa del hidrógeno, y el valor estándar de los rayos de la radiación del oxígeno, los cuales se almacenan en la sección de almacenaje 131; el rango de tolerancia de la intensidad de los rayos alfa del hidrógeno, y el rango de tolerancia de los rayos de la radiación del oxígeno, los cuales se almacenan en la sección de almacenaje 131, y un resultado de determinación en la sección de determinación 133, etc.

Procedimiento de control para el proceso de formación de películas delgadas

A continuación, se procede a explicar un proceso de formación de películas delgadas, y un procedimiento de control para dicho proceso, con referencia a las figuras 9 a 11.

Antes de iniciarse el proceso de formación de películas delgadas, se introducen los datos, en el dispositivo de introducción de datos, 134, correspondientes a los valores medios (o un valor central), para una cantidad (intensidad) de los rayos alfa del hidrógeno y una cantidad (intensidad) de los rayos de la radiación del oxígeno, y los valores medios introducidos como datos, se almacenan, en la sección de almacenaje 131, de la computadora de control 115, como valores estándar, de tal forma que, los valores medios, se basen en procesos previos de formación de películas delgadas, en los cuales, la película delgada de óxido de silicio, tuviera una deseable calidad de superficie, en el mismo proceso de formación de películas delgadas, como el presente proceso de formación de películas delgadas. Se procede a introducir el rango o márgenes tolerables de cada una de las cantidades de los rayos de la radiación, los cuales de determinan en base a los registros para la cantidad (intensidad) de los rayos alfa del hidrógeno, y la cantidad (intensidad) de los rayos de la radiación del oxígeno, en dispositivo de introducción de datos 34. Los rangos tolerables de los datos introducidos, se almacenan en la sección de almacenaje, 131, en la computadora de control, 115, de tal forma que, las cantidades de los rayos de la radiación, se encuentren en concordancia con los procesos previos de formación de películas delgadas, en los cuales, la película delgada de organosilicio, producida, tenga una deseable calidad de la superficie.

Se procede a retirar la sección de cobertura, 123, de la cámara de formación de películas delgadas, 111. El recipiente contenedor 121, a través del cual pueden transmitirse los rayos de la radiación, se coloca en el interior de la sección del cilindro, 122, de tal forma que, la tubería de introducción de gases, 129, pueda insertarse en el interior del recipiente contenedor 121. La sección del puerto del recipiente contenedor, 121, se engrana en el orificio de soporte 125 de la placa de aislamiento 126, de tal forma que se encuentre soportada en dicho sitio. Después de esto, la sección de cobertura (tapa) 123, se une sobre la superficie del extremo superior, de la sección del cilindro, 122.

A continuación, se procede a poner en marcha la bomba de vacío, 118, de tal forma que se despresurice el espacio, en la cámara de formación de películas delgadas, 111, mediante el escape del gas, en el electrodo externo, 124, a partir del puerto (trampilla) de escape, 127, a través de una placa de aislamiento, 126; así, de este modo, la presión en el espacio, en la cámara de formación de películas delgadas, se encontraba a un valor predeterminado (aproximadamente la condición de vacío). Después de esto, se procede a suministrar un gas, el cual incluye un gas de un compuesto de organosilicio, y un gas oxidante, desde las secciones de suministro de gases, 116 y 117, hacia la cámara de formación de películas delgadas, 111. Se introduce, en el recipiente contenedor 121, a través de una tubería de introducción de gases, una mezcla de gases, 129, la cual incluye el gas del compuesto de organosilicio, y el gas oxidante.

A continuación, se procede a plasmatizar la mezcla de gases, entre el electrodo externo, 124, y la tubería de introducción de gases, 129, que sirve como un electrodo de gas, mediante el inicio del suministro de potencia energética de alta frecuencia, 120, y suministrando la potencia energética de alta potencia, al electrodo externo, 124, en la cámara de formación de películas delgadas, 111. Así, de este modo, se forma la película delgada de organosilicio, sobre la superficie interior del recipiente contenedor 121.

Durante el proceso de formación de la película delgada, los rayos de la radiación los cuales se irradian desde un plasma, 140 (en el interior de la línea de puntos, en el dibujo) y que se generan en el recipiente contenedor, 121, y los cuales, permean a través del recipiente contenedor transparente, 121, se separan a partir del puerto de visión (ventanilla de observación), 113, de tal forma que, éstos, se transmiten al espectrómetro, a través de la fibra óptica, 114. Después de que los rayos de la radiación, los cuales se transmiten a espectrómetro 112, se dividan en dos haces (juegos) de rayos, uno de los haces, de los rayos de radiación divididos, se transmite a través del primer filtro de paso de banda. Los rayos alfa del hidrógeno, los cuales se transmiten, se reciben mediante el primer sensor óptico para la medición de la cantidad (intensidad) de los rayos alfa del hidrógeno. Asimismo, también, el otro haz

(juego) de los dos rayos de radiación divididos, se transmiten a través del segundo filtro de paso de banda. Los rayos de la radiación del oxígeno, los cuales se transmiten a su través, se reciben en el segundo sensor óptico para la medición de la cantidad (intensidad) de los rayos de la radiación del oxígeno.

5 La cantidad (intensidad) de los rayos alfa del hidrógeno, y la cantidad (intensidad) de los rayos de la radiación del oxígeno, las cuales se miden mediante el espectrómetro óptico 112, se convierten en voltajes, en concordancia con las cantidades medidas; así, de este modo, las cantidades convertidas, se facilitan, como datos de salida, a la computadora de control, 115.

10 Las cantidades de los rayos de la irradiación, los cuales se facilitan, como datos de salida, a la computadora de control 115, se tratan del modo que sigue a continuación.

En primer lugar, en la sección de cálculo, 132, se procede a calcular la diferencia entre la cantidad (intensidad) de los rayos alfa del hidrógeno, medida mediante el espectrómetro óptico 122, y el valor estándar de los rayos alfa del hidrógeno, almacenado en la sección de almacenaje, 131. Asimismo, también, se procede a calcular la diferencia entre la cantidad (intensidad) de los rayos de la radiación del oxígeno, medida mediante el espectrómetro óptico 12, y el valor estándar de los rayos de la radiación del oxígeno, almacenado en la sección de almacenaje, 131.

20 A continuación, la sección de determinación 133, determina si las diferencias entre estas cantidades, y los valores estándar, se encuentran, o no, dentro de los rangos tolerables, los cuales se encuentran almacenados en la sección de almacenaje, 131.

El resultado de la determinación, en la sección de determinación, 133, se facilita, como dato de salida, al dispositivo de datos de salida, 133, conjuntamente con la cantidad (intensidad) de los rayos alfa del hidrógeno, y la cantidad (intensidad) de los rayos de la radiación del oxígeno, las cuales se miden mediante el espectrómetro óptico 112, el valor estándar de los rayos alfa del hidrógeno, y el valor estándar de los rayos de la radiación del oxígeno, los cuales se encuentran almacenados en la sección de almacenaje, 131, y el rango tolerable de la intensidad de los rayos alfa del hidrógeno, y el rango tolerable de la intensidad de los rayos de la radiación del oxígeno, los cuales se encuentran almacenados en la sección de almacenaje 131. Asimismo, también, si las diferencias entre las cantidades de los rayos de la radiación y los valores estándar para los rayos de la radiación, exceden de los rangos tolerables, los cuales se encuentran almacenados en la sección de almacenaje, 131, como resultado de la determinación efectuada en la sección de determinación, 133, puede reportarse una anomalía de los rayos de la radiación, los cuales se emiten desde el plasma, a un operador, mediante la activación de un dispositivo de alarma y lámparas, etc.

35 Como compuestos de organosilicio los cuales se utilizan en el proceso de formación de películas delgadas, es posible citar, por ejemplos a los compuestos de organosilicio consistentes, por ejemplo, en tetrametildisiloxano, hexametildisiloxano, viniltrimetilsilano, metiltrimetoxisilano, hexametildisilano, metilsilano, dimetilsilano, trimetilsilano, dietilsilano, propilsilano, fenilsilano, viniltrietoxisilano, viniltrimetoxisilano, tetrametoxisilano, tetraetoxisilano, feniltrimetoxisilano, metiltrietoxisilano, octametilciclotetrasiloxano, etc.

40 Como gas oxidante, es posible citar, por ejemplo, a los compuestos consistentes en oxígeno, monóxido de carbono, dióxido de carbono, y ozono, etc. Asimismo, también, es posible mezclar argón y helio, como gas portador o de soporte, en el gas de un compuesto de organosilicio, o en el gas oxidante.

45 En el procedimiento de control de anteriormente explicado, arriba, para el proceso de formación de películas delgadas, se procede a medir la intensidad de los rayos alfa del hidrógeno, y la intensidad de los rayos de la radiación del oxígeno, las cuales se irradian a partir del plasma, durante el proceso de formación de películas delgadas y, las intensidades medidas, se comparan con la intensidad de los rayos alfa del hidrógeno, y la intensidad de los rayos de la radiación del hidrógeno, con la condición de que se obtenga una película delgada de óxido de silicio, la cual tenga una calidad de la superficie deseable. Así, por lo tanto, es posible conocer de una forma fehaciente, el hecho de si, el proceso, se ha llevado a cabo de una forma apropiada, o éste no se ha llevado a cabo de una forma apropiada (es decir, si la estructura del plasma, es normal o no). Asimismo, también, es posible determinar si la película delgada producida, tiene una calidad de superficie deseable, durante el proceso, o si no la tiene.

55 Esto significa que, si la mezcla de gases consistente en un gas de un compuesto de organosilicio y un gas oxidante, se plasmatiza, los rayos de la radiación que tienen propiedades únicas, se irradian, debido al hecho de que, en el plasma, existen varios especímenes. Estos rayos de la radiación, incluyen no únicamente a los rayos alfa del hidrógeno, y a los rayos de la radiación del oxígeno, sino también, a los rayos alfa del hidrógeno, la radiación del SiO_2 , y la radiación del CH_3 . No obstante, cuando se procede a medir la cantidad (intensidad) de los rayos de la radiación, emitidos desde el plasma generado en el recipiente contenedor, 121, los rayos de radiación emitidos, se transmite en una trayectoria procedente del recipiente contenedor, 121, a través del recipiente contenedor, 121, el puerto de visión (ventanilla de observación) de vidrio, relativamente pequeña, 113, y la fibra óptica 114, al espectrómetro óptico, 112, al interior del cual, se introduce, finalmente, la radiación emitida. La intensidad de la radiación emitida, se atenúa en la trayectoria o paso. Así, por lo tanto, si se procede a medir las intensidades del espécimen excitado, tales como los rayos beta del hidrógeno, los rayos gama del hidrógeno, la radiación del SiO , y

la radiación del CH₃, etc., que tienen inicialmente unas reducidas intensidades, el error de medición, se incrementa de una forma no deseable. Así, por lo tanto, es posible conocer, de una forma fehaciente, el hecho de si, la estructura del plasma, es normal, o no lo es, mediante el control de la intensidad de los rayos alfa del hidrógeno, y los rayos de radiación del oxígeno, que tengan unas intensidades relativamente altas.

5 Asimismo, también, se miden los dos haces de los rayos de la radiación, tales como los rayos alfa del hidrógeno, y los rayos de la radiación del oxígeno. Así, de este modo, es posible el detectar, de una forma fehaciente, una anomalía, en varios parámetros (presión de formación de la película delgada, electricidad suministrada, caudales de flujo del gas del compuesto de organosilicio, y gas oxidante), en el proceso de formación de películas delgadas. Esto significa el hecho de que, en el caso en que ocurra una anomalía, en por lo menos uno de los parámetros, la anomalía, se indica en por lo menos la intensidad de los rayos de la radiación del hidrógeno, o la intensidad de los rayos de la radiación del oxígeno. Así, por lo tanto, es posible el detectar una anomalía del proceso, de una forma fiable.

15 Asimismo, también, es posible detectar una anomalía en el proceso, de una forma más fiable, mediante el procedimiento de control del proceso de formación de películas delgadas, en concordancia con la presente invención, y mediante el control de la condición de un proceso (como por ejemplo, parámetros tales como el grado de vacío, la potencia energética aplicada, el caudal de flujo, de un gas introducido).

20 Asimismo, también, el dispositivo de formación de películas delgadas, anteriormente explicado, arriba, incluye: un espectrómetro óptico, 121, para medir la intensidad de los rayos alfa del hidrógeno, irradiados a partir de un plasma, en la cámara de formación de las películas delgadas, 111, y la intensidad de los rayos de radiación del oxígeno; y una sección determinante, 133, en la cual, se comparan la intensidad de los rayos alfa del hidrógeno, medida en el espectrómetro óptico, 121, y la intensidad de los rayos alfa del hidrógeno almacenados en la sección de almacenaje, 131, se comparan la intensidad de los rayos de la radiación del oxígeno, medida en el espectrómetro óptico, 121, y la intensidad de los rayos de la radiación del oxígeno, almacenados en la sección de almacenaje, 131, y si la intensidad medida de los rayos alfa del hidrógeno, y la intensidad medida de los rayos de la radiación del oxígeno, se encuentran, o no dentro de unos márgenes tolerables. Así, por lo tanto, es posible conocer, de una forma fiable
25 fiable, el hecho de si, el proceso se realiza de una forma apropiada, o no, y el hecho de si, la película delgada producida, tiene la calidad de la superficie apropiada, durante el proceso.

Asimismo, además, el dispositivo de formación de películas delgadas, en concordancia con la presente invención, no se encuentra limitado a la estructura mostrada en los dibujos. Así, de este modo, el dispositivo de formación de películas delgadas, puede incluir: una cámara para plasmatizar una mezcla de gases, consistente en un gas de un compuesto de organosilicio, y un gas oxidante, y para formar una película delgada de óxido de silicio, sobre la superficie de un substrato; una sección de medición, para medir la intensidad de rayos alfa del hidrógeno, y la intensidad de los rayos de la radiación del oxígeno, los cuales se irradian a partir del plasma generado en la cámara; una sección de almacenaje, para almacenar la intensidad de los rayos alfa del hidrógeno, y la intensidad de los rayos de la radiación del oxígeno, de tal forma que, la película delgada de organosilicio, tenga una deseable calidad de la superficie, la cual se mide en proceso previo de formación de películas delgadas; y una sección determinante, para comparar la intensidad de los rayos alfa del hidrógeno, medidos en la sección de medición, con la intensidad de los rayos del hidrógeno, almacenados en la sección de almacenaje, comparar la intensidad de los rayos de la radiación del oxígeno, medidos en la sección de medición, con la intensidad de los rayos de la radiación del oxígeno, almacenados en la sección de almacenaje, y determinar el hecho de si, la intensidad de los rayos alfa del hidrógeno medidos, y la intensidad de los rayos de la radiación del oxígeno medidos, se encuentran, o no, dentro de un rango específico.

Así, por ejemplo, la sección de medición, no se limita al espectrómetro óptico, 121, el cual se muestra en los dibujos. Es aceptable cualquier sección de medición, siempre y cuando que sea posible medir la intensidad de los rayos alfa del hidrógeno, en la intensidad de los rayos de la radiación del oxígeno. No obstante, si se utiliza un filtro de paso de banda, para separar únicamente un rango específico de los rayos de la radiación, de entre los rayos de la radiación irradiada a partir del plasma, en la cámara de formación de películas delgadas, es posible simplificar la sección de medición, a un reducido coste; así, por lo tanto, la sección de medición, debería incluir, de una forma preferible, un filtro de paso de banda.

Asimismo, también, es aceptable cualquier filtro de paso de banda, siempre y cuando sea posible extraer rayos alfa del hidrógeno, o rayos de la radiación de oxígeno, de entre los rayos de la radiación que se irradian a partir del plasma.

Asimismo, también, en los dibujos, se observa el plasma 140, a través del puerto de visión (ventanilla de observación), 113, mientras lo atraviesa horizontalmente. No obstante, sería aceptable, el hecho de que, el puerto de visión (ventanilla de observación), 113, se encontrara dispuesto sobre una sección de cobertura, 123, de tal forma que se observara el plasma, desde arriba. Asimismo, también, sería aceptable el hecho de que, el puerto de visión (ventanilla de observación), 113, se encontrara dispuesto en la sección del cilindro, 122, de tal forma que se observara el plasma, 140, diagonalmente, en dirección hacia abajo, desde arriba. Con objeto de separar los rayos de la radiación, irradiados a partir del plasma, en un contenedor cilíndrico longitudinal, es preferible el hecho de

observar el plasma, diagonalmente, en dirección hacia abajo debido al hecho de que, la cantidad (intensidad) de la radiación, es alta.

5 Asimismo, también, la sección de determinación (sección de determinación 133), en la computadora de control, 115, en los dibujos, calcula la diferencia entre las intensidades de los rayos alfa del hidrógeno medidas, y la radiación de los rayos de oxígeno medidas, y los valores estándar de los rayos de la radiación, almacenados en la sección de almacenaje, 131 (sección de cálculo 132) y determina el hecho de si, la diferencia entre estas densidades, y los valores estándar, se encuentra dentro de los márgenes tolerables, o no, en la sección de almacenaje, 131 (sección de determinación, 133). No obstante, la sección de determinación, no se encuentra limitada a tal tipo de estructura.

10 Así, por ejemplo, la sección de almacenaje, 131, puede almacenar un valor límite superior y un valor límite inferior, para intensidad de los rayos alfa del hidrógeno, y la intensidad de los rayos de la radiación del oxígeno y, la sección de determinación, puede determinar el hecho de si la intensidad de los rayos alfa del hidrógeno medida, y la intensidad de los rayos de la radiación del hidrógeno medidas, se encuentran, o no, dentro del rango correspondiente a los márgenes comprendidos entre el valor límite superior y el valor límite inferior, sin calcular una diferencia entre la intensidad de los rayos de las radiaciones, y el valor estándar, de tal forma que, las intensidades almacenadas, para los rayos alfa del hidrógeno, y los rayos de la radiación del oxígeno, se determinan en concordancia con un proceso previo de formación de películas delgadas, e el cual, el proceso de producción, para la película delgada, era el mismo que el correspondiente al presente proceso de formación de películas delgadas.

15 Asimismo, también, en el caso en cual, el valor estándar de los rayos alfa del hidrógeno, y el valor estándar de los rayos de la radiación del oxígeno, los cuales se encuentran almacenados en la sección de almacenaje, 131, fluctúan, en el proceso, mientras que, la intensidad de la radiación, fluctúa, durante la totalidad del proceso, el valor estándar de la radiación, puede almacenarse en la sección de almacenaje, 131, durante el transcurso del tiempo, en el proceso; así, de este modo, puede ajustarse un rango para el valor estándar, a través del tiempo, en el proceso.

20 El proceso, en términos de varias o diversas fases, puede dividirse en una fase de inicio, una fase media, y una fase aproximadamente final.

Asimismo, también, no es necesario utilizar la computadora de control, 115, en el procedimiento de control del proceso de formación de películas delgadas. Esto significa el hecho de que, es aceptable, el hecho de que la intensidad de los rayos alfa del hidrógeno medida, y la intensidad de los rayos de radiación del oxígeno, se facilitan, como datos de salida, desde el espectrómetro óptico 121, directamente a un dispositivo de salida de datos, de tal forma que, un monitor, y un operador, controlan el resultado proporcionado como dato de salida, y comparan la intensidad de estos rayos de la radiación, bajo unas condiciones, tales que se obtenga la película delgada de óxido de silicio, la cual tenga una deseable calidad de la superficie; así, de este modo, se determina el hecho de si se forma, o no, la película delgada de óxido de silicio, la cual tenga una deseable calidad de la superficie.

30 Asimismo, también, el procedimiento de control del proceso de formación de películas delgadas, no se limita al proceso de formación de películas delgadas, en el cual se utilizan ondas de alta frecuencia. El procedimiento de control del proceso de formación de películas delgadas, puede adaptarse al proceso de formación de películas delgadas, en el cual se utilizan microondas.

35 Asimismo, también, el sustrato, sobre el cual se forma la película delgada, en la presente invención, no se limita a un recipiente contenedor de plástico, 121, a través del cual se transmiten los rayos de la radiación, tal y como se muestra en la los dibujos. La presente invención, puede adaptarse a varios sustratos, tales como un recipiente contenedor, una película, una hoja, las cuales están fabricadas a base de plástico, de vidrio, o de metal.

Ejemplos

Abajo, a continuación, se muestran ejemplos de la presente invención.

50 Se procede a formar una película de óxido de silicio, sobre la superficie interior del recipiente contenedor 21, el cual tiene una capacidad de 500 ml, y está fabricado a base de poli(tereftalato de etileno), mediante la utilización e un dispositivo de formación de películas delgadas, tal y como se muestra en las figuras 9 a 11. Se procede a utilizar una mezcla de gases, la cual incluye hexametildisiloxano (al cual se le hará referencia, en la parte que sigue de este documento, como HMDSO) y de oxígeno, como gas del proceso.

55

Medición del valor estándar

Se procede a despresurizar el espacio de la cámara de formación de gases, 111, procediendo a poner en marcha la bomba de vacío, 118, de tal forma que tenga una presión de formación de películas delgadas, predeterminada (100 Pa). Después de proceder de este modo, se procede a suministrar el HMDSO y el oxígeno, desde las secciones de suministro de gases, 116, 117, a la cámara de formación de películas delgadas, 111. La mezcla de gases, se introduce en el interior del recipiente contenedor 121, a través de la tubería de introducción de gases, 129. Aquí, en este caso, el caudal de flujo de HMDSO, es de 2 sccm. El caudal de flujo del oxígeno, es de 100 sccm.

60

65

A continuación, se procede a plasmatizar la mezcla de gases, entre el electrodo externo, 124, y la tubería de

introducción de gases, 129, que sirve como un electro de tierra, mediante la puesta en marcha del suministro de potencia energética de alta frecuencia, 120, y suministrando las ondas de alta frecuencia de 13,56 MHz, al electrodo externo, 124, en la cámara de formación de películas delgadas, 111, a 200 watt, durante un transcurso de tiempo de 10 segundos; así, de este modo, se forma la película de óxido de silicio sobre una superficie interior del recipiente contenedor 121.

Los rayos de la radiación, los cuales se irradian a partir del plasma, 140, el cual se genera en el recipiente contenedor 121, y se permea a través del recipiente contenedor, 121, se separan a partir del puerto de visión (ventanilla de observación) de vidrio 113, cuyo diámetro, es de 10 mm, durante el proceso de formación de películas delgadas, de tal forma que se transmitan, al espectrómetro óptico, 112, a través de la fibra óptica, 114, la cual tiene un diámetro de 6 mm y una longitud de 2 m. Después de los rayos de la radiación, los cuales se transmiten a la espectrómetro óptico, 112, se dividen en dos haces de rayos, transmitiéndose, un haz de los rayos de la radiación, a través del filtro de paso de banda, cuya longitud de onda central, es de 656 nm. Los rayos alfa del hidrógeno, los cuales se transmiten allí, se reciben por parte del primer sensor óptico, para la medición de la calidad (intensidad) de los rayos alfa del hidrógeno. Asimismo, también, el otro haz de los dos haces de rayos de la radiación divididos, se transmite a través del segundo filtro de paso de banda, cuya longitud de onda central, es de 777 nm. La radiación del oxígeno, la cual se transmite allí, se recibe por parte del segundo sensor óptico, para la medición de una cantidad (intensidad) de los rayos de la radiación de oxígeno. Sale, como señal de salida generada mediante un sensor óptico, un voltaje correspondiente a un valor comprendido dentro de unos márgenes que van desde 0 V hasta 5 V.

Asimismo, también, la permeabilidad del oxígeno, en el recipiente contenedor 121, sobre el cual se forma la película delgada, se mide, en concordancia con un procedimiento de Mocon, de tal forma que se evalúe una calidad de la superficie (impermeabilidad al oxígeno), de la película delgada producida. De una forma más específica, la permeabilidad al oxígeno, se mide mediante la utilización de Oxitran 10/50, de la firma Mocon Inc. Aquí, en este caso, el espacio existente en el interior del recipiente contenedor cilíndrico, 121, se encuentra en unas condiciones correspondientes a una temperatura de 25°C, y atmósfera de mezcla de gases de nitrógeno / hidrógeno, del 90%, y el espacio exterior del recipiente contenedor, 121, se encuentra en unas condiciones correspondientes a una temperatura de 25°C, y una atmósfera de mezcla del 65%.

Las TABLAS 3 a 6, muestran varios parámetros (condiciones) para el proceso, tales como los consistentes en la cantidad de los rayos alfa del hidrógeno medida, una cantidad de la radiación del oxígeno, y la impermeabilidad al oxígeno del recipiente contenedor 121, sobre el cual se forma la película delgada.

Se encuentra el hecho de que, la impermeabilidad al oxígeno del recipiente contenedor 121, sobre el cual se forma una película delgada, es lo suficientemente baja; así, de este modo, el recipiente contenedor 121, tiene una deseable calidad de la superficie, de la película delgada. Adicionalmente, además, los procesos de formación de películas delgadas, se repiten, bajo la misma condición. Como resultado de ello, se encuentra el hecho de que, es posible formar una película delgada, la cual tenga una deseable calidad de la superficie (impermeabilidad al oxígeno), si la cantidad de los rayos alfa del hidrógeno, se encuentra comprendida dentro de unos márgenes que van desde 3,0 hasta 3,4 V, y la cantidad de la radiación de los rayos del oxígeno, se encuentra comprendida dentro de unos márgenes que van desde 3,0 hasta 3,4 V. Así, por lo tanto, el valor estándar, s de 3,2 y, el factor de relación tolerable, es el correspondiente a un valor de ± 2 V, para la cantidad de los rayos alfa del hidrógeno, y los rayos de la radiación del oxígeno.

Variación de la cantidad, debido a la fluctuación del caudal de flujo del HMDSO

A continuación, se procede a observar la variación de la cantidad de los rayos alfa del hidrógeno, la variación de la cantidad de los rayos de la radiación del oxígeno, y la variación de la calidad de la superficie de una película delgada, bajo la condición de que, el caudal de flujo del HMDSO, fluctúe, dentro de unos márgenes que van desde 2 (sccm), hasta 1, y 10 (sccm). Los resultados obtenidos, se muestran en la TABLA 3.

La cantidad de los rayos alfa del hidrógeno obtenidos, y la cantidad de los rayos de la radiación del oxígeno obtenidos, indican una fluctuación del caudal de flujo del HMDSO; así, de este modo, es posible el proceder a estimar la permeabilidad al oxígeno, en algún grado, lo cual es uno de los índices para indicar la calidad de la superficie, en base a la cantidad de cada radiación.

TABLA 3

Caudal de flujo de HMDSO	Caudal de flujo de oxígeno	Potencia aplicada	Presión para formar la película delgada	Cantidad de rayos alfa del hidrógeno	Cantidad de rayos de radiación del oxígeno	Impermeabilidad al oxígeno
(sccm)	(sccm)	(watt)	(Pa)	(V)	(V)	(fmol/pkg.s-Pa)
1	100	200	10	2,8	3,3	0,032
2 (estándar)	100	200	11	3,2	3,2	0,012

ES 2 430 268 T3

5	100	200	13	3,4	2,8	0,043
10	100	200	15	3,4	2,5	0,054

Variación de la cantidad de radiación, debido a la fluctuación del caudal de flujo de oxígeno

5 A continuación, se procede a observar la variación de la cantidad de los rayos alfa del hidrógeno, la variación de la cantidad de los rayos de la radiación del oxígeno, y la variación de la calidad de la superficie de una película delgada, bajo la condición de que, el caudal de flujo del oxígeno, fluctúe, dentro de unos márgenes que van desde 100 (sccm), hasta 50 y 200 (sccm). Los resultados obtenidos, se muestran en la TABLA 4.

10 La cantidad de los rayos alfa del hidrógeno obtenidos, y la cantidad de los rayos de la radiación del oxígeno obtenidos, indican una fluctuación del caudal de flujo de oxígeno; así, de este modo, es posible estimar la impermeabilidad al oxígeno, en algún grado, el cual es uno de los índices para indicar la calidad de las superficies, en base a la cantidad de cada radiación.

TABLA 4

15

Caudal de flujo de HMDSO	Caudal de flujo de oxígeno	Potencia aplicada	Presión para formar la película delgada	Cantidad de rayos alfa del hidrógeno	Cantidad de rayos de radiación del oxígeno	Impermeabilidad al oxígeno
(sccm)	(sccm)	(watt)	(Pa)	(V)	(V)	(fmol(pkg.s.Pa)
2	50	200	8	3,3	3,3	0,021
2	100 (estándar)	200	11	3,2	3,2	0,012
2	200	200	14	3,3	3,0	0,042

Variación de la cantidad de radiación, debido a la fluctuación de la potencia energética aplicada

20 A continuación, se procede a observar la variación de la cantidad de los rayos alfa del hidrógeno, la variación de la cantidad de los rayos de la radiación del oxígeno, y la variación de la calidad de la superficie de una película delgada, bajo la condición de que, la potencia energética aplicada, fluctúe, dentro de unos márgenes que van desde 200 (watt) 100 y 300 (watt). Los resultados obtenidos, se muestran en la TABLA 5.

25 La cantidad de los rayos alfa del hidrógeno que fluctuaban, y la cantidad de los rayos de la radiación del oxígeno que fluctuaban, indican una fluctuación del caudal de la presión de formación de la película delgada; así, de este modo, es posible estimar la impermeabilidad al oxígeno, en algún grado, el cual es uno de los índices para indicar la calidad de la superficie, en base a la cantidad de cada radiación.

TABLA 5

30

Caudal de flujo de HMDSO	Caudal de flujo de oxígeno	Potencia aplicada	Presión para formar la película delgada	Cantidad de rayos alfa del hidrógeno	Cantidad de rayos de radiación del oxígeno	Impermeabilidad al oxígeno
(sccm)	(sccm)	(watt)	(Pa)	(V)	(V)	(fmol(pkg.s.Pa)
2	100	100	11	2,9	2,9	0,033
2	100	200 (estándar)	11	3,2	3,2	0,012
2	200	300	11	3,5	3,4	0,012

Variación de la cantidad de radiación, debido a la fluctuación de la presión de formación de las películas delgadas

35 A continuación, se procede a observar la variación de la cantidad de los rayos alfa del hidrógeno, la variación de la cantidad de los rayos de la radiación del oxígeno, y la variación de la calidad de la superficie de una película delgada, bajo la condición de que, la presión de formación de la película delgada, fluctúe, dentro de unos márgenes que van desde 10 (PA) hasta 20 y 50 (P.D.). Los resultados obtenidos, se muestran en la TABLA 6.

40 La cantidad de los rayos alfa del hidrógeno obtenidos, y la cantidad de los rayos de la radiación del oxígeno obtenidos, indican una fluctuación del caudal de la presión de formación de la película delgada; así, de este modo, es posible estimar la impermeabilidad al oxígeno, en algún grado, el cual es uno de los índices para indicar la calidad de la superficie, en base a la cantidad de cada radiación.

45

TABLA 6

Caudal de flujo de HMDSO	Caudal de flujo de oxígeno	Potencia aplicada	Presión para formar la película delgada	Cantidad de rayos alfa del hidrógeno	Cantidad de rayos de radiación del oxígeno	Impermeabilidad al oxígeno
(sccm)	(sccm)	(watt)	(Pa)	(V)	(V)	(fmol(pkg.s.Pa)
2	100	100	11 (estándar)	3,2	3,2	0,012
2	100	200	20	3,8	3,9	0,042
2	200	300	11	3,9	4,1	0,098

APLICABILIDAD INDUSTRIAL

5 Tal y como se explicado anteriormente, arriba, un procedimiento de formación de películas delgadas de este tipo, incluye a un primera etapa de formación de películas delgadas, en la cual, el factor de relación de los caudales de flujo suministrados, se encuentre incluido dentro de un rango específico. Así, por lo tanto, es posible formar una película delgada, de una forma sencilla, la cual tenga una deseable impermeabilidad a los gases, sin variación, en comparación con el procedimiento, mediante el cual, el factor de relación de los caudales de flujo suministrados, se controla estrictamente, dentro de un rango, de tal forma que, pueda formarse la película delgada, la cual tenga una deseable impermeabilidad a los gases, y se realiza una plasmatización, mientras el factor de relación de los caudales de flujo suministrados, se mantiene estrictamente. Adicionalmente, además, mediante la realización de una segunda etapa de formación de películas delgadas, después de esta primera etapa de formación de películas delgadas, es posible formar una segunda película delgada, la cual, no únicamente tenga impermeabilidad a los gases, sino que también tenga flexibilidad.

Asimismo, también, en concordancia con el dispositivo de formación de películas delgadas, es posible suministrar potencia energética de alta frecuencia, a partir de un suministro de potencia energética de alta frecuencia, a una pluralidad de cámaras de formación de películas delgadas. Así, por lo tanto, es posible formar estrictamente una película delgada, la cual tenga una cierta calidad, sin variación para varios substratos. Asimismo, también, los costes de la instalación, no son caros, y el tamaño de la instalación, es compacto.

Asimismo, también, en concordancia con el procedimiento de control del proceso de formación de películas delgadas, se miden, durante el proceso, la intensidad de los rayos alfa del hidrógeno, y la intensidad de los rayos de la radiación del oxígeno. Adicionalmente, además, estas intensidades, se comparan con la intensidad de los rayos alfa del hidrógeno, y la intensidad de los rayos de la radiación del oxígeno, los cuales se realizan bajo una condición previa, en la cual, se obtuvo una película delgada de organosilicio, la cual tiene una deseable calidad de superficie. Así, de este modo, es posible conocer la estructura del plasma generado, de una forma más precisa, y determinar el hecho de si, la calidad de la superficie de la película delgada producida, tiene una condición deseable, durante el proceso, o no la tiene.

Asimismo, también, si se separa una longitud de onda específica, de los rayos de la radiación, de entre los rayos de la radiación, los cuales se irradian a partir del plasma; es posible medir la intensidad de la radiación, mediante un dispositivo de medición sencillo y de reducido precio (barato).

Asimismo, también, puesto que, el dispositivo de formación de películas delgadas, tiene la estructura anteriormente descrita, arriba, es posible conocer la estructura del plasma generado, de una forma más precisa, y determinar el hecho de si, la película delgada generada, tiene una deseable calidad durante el proceso, o no la tiene.

Asimismo, también, si se utiliza un filtro de paso de banda, el cual separe únicamente un rango específico de longitudes de onda, de los rayos de la radiación, de entre los rayos de la radiación, los cuales se irradian, a partir del plasma, en la cámara de formación de películas delgadas, es posible simplificar la sección de medición, a un reducido coste.

En concordancia con la presente invención, en un proceso de formación de películas delgadas, el cual utiliza un procedimiento CVD de plasma, mediante el cual, se forma una película delgada de óxido de silicio, sobre la superficie de un substrato, procediendo a plasmatizar una mezcla de gases, la cual incluye un gas de un compuesto de organosilicio, y un gas oxidante, es posible conocer la estructura del plasma generado, de una forma más precisa, y determinar si la película delgada producida, tiene una deseable calidad de superficie, durante el proceso, o no la tiene.

REIVINDICACIONES

- 5 1.- Un procedimiento de formación de películas delgadas, para plasmatizar una mezcla de gases, consistiendo, la mezcla de gases, en un gas de monómero y un gas reactivo oxidante, y para la formación de una película delgada, sobre una superficie de un sustrato, encontrándose formada, la película delgada, por un óxido, el cual comprende:
- 10 una primera etapa de formación de una primera película delgada, mediante la plasmatización de una mezcla de gases, al mismo tiempo que se varía el factor de relación de los caudales de flujo del gas monómero, con respecto al gas reactivo, con la condición de que, el factor de relación de los caudales de flujo, se encuentre por lo menos dentro de unos márgenes específicos,
- 15 en donde, el factor de relación de los caudales de flujo, desciende continuamente, en la primera etapa de formación de la película delgada.
- 2.- Un procedimiento de formación de películas delgadas, según la reivindicación 1, en donde, el valor inicial de factor de relación de los caudales de flujo, en la primera etapa de formación de la película delgada, se encuentra dentro de un rango correspondiente a un valor que va desde 0,02 hasta 0,2.
- 20 3.- Un procedimiento de fabricación de películas delgadas, según la reivindicación 1 ó 2, el cual comprende adicionalmente:
- una segunda etapa de formación de la película delgada, procediendo a incrementar el factor de relación de los caudales de flujo, después de la primera etapa de formación de la película delgada.
- 25 4.- Un procedimiento de fabricación de películas delgadas, según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde, la mezcla de gases, se plasmatiza, controlando que, la potencia energética reflejada, sea de un porcentaje del 10%, ó inferior, que la potencia energética de alta frecuencia suministrada, generándose, la potencia energética reflejada, mediante el suministro de potencia energética de alta frecuencia, de 100 MHz, o inferior, a un electrodo de alta frecuencia, mediante una red de adaptación de la impedancia.
- 30 5.- Un procedimiento de fabricación de películas delgadas, según la reivindicación 1, en donde, la primera etapa de formación de la película delgada, se realiza bajo la condición de que, el factor de relación de los caudales de flujo, se reduzca, en el rango específico de 0 a 0,05, y el factor de relación de los caudales de flujo suministrados, permanezca dentro del rango específico, durante un transcurso de tiempo de 2 a 5 segundos.
- 35 6.- Un procedimiento de formación de películas delgadas, según la reivindicación 3, en donde, la segunda etapa de formación de películas delgadas, se realiza bajo una condición que, el caudal de flujo del gas monómero, se incrementa, y caudal de flujo del gas reactivo, disminuye, mientras la cantidad de la mezcla de gases, se mantiene un nivel fijo, el factor de relación de los caudales de flujo del gas monómero con respecto al gas reactivo, alcanza un valor de 1000, ó más, y en donde, la duración del tiempo de la segunda etapa de formación de la película delgada, se encuentra comprendida dentro de unos márgenes que van desde 1 a 3 segundos
- 40

FIG. 1

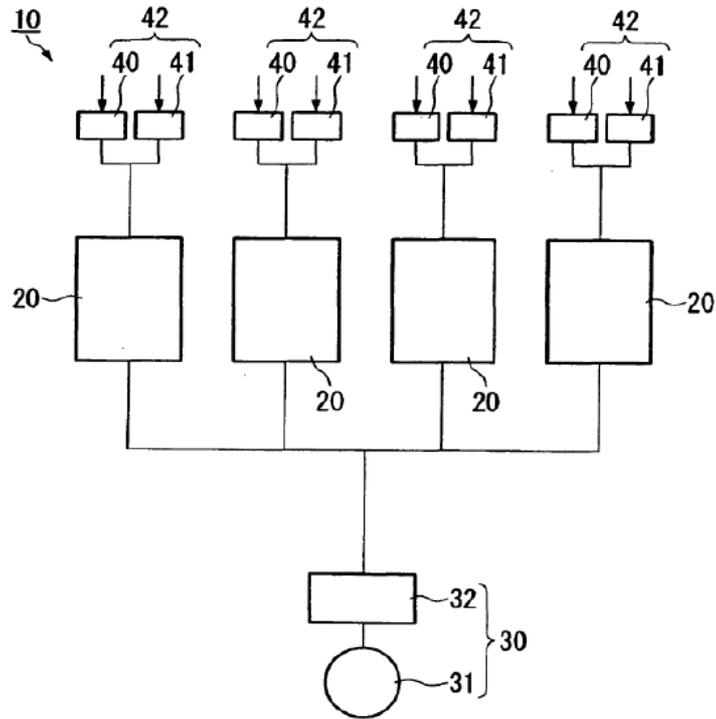


FIG. 2

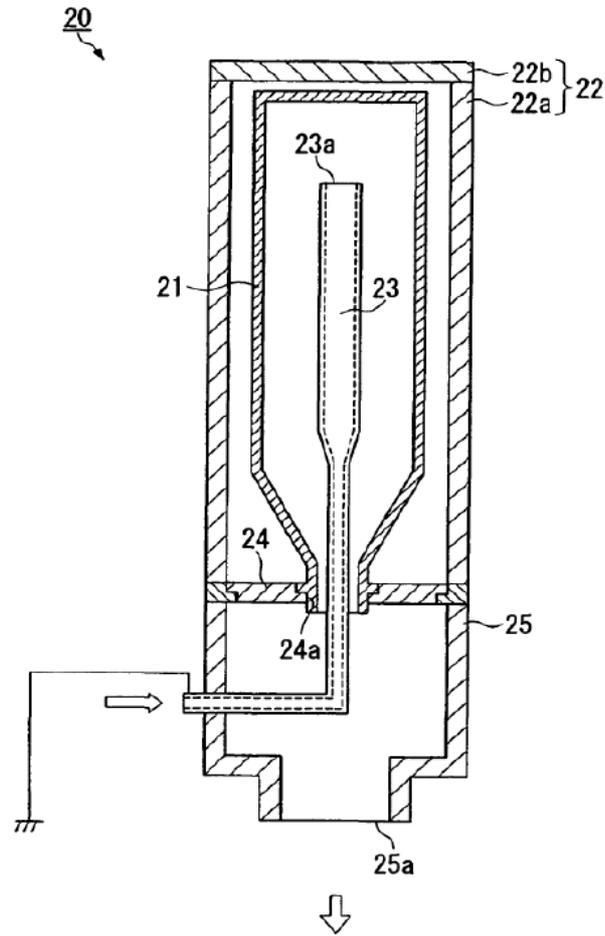


FIG. 3

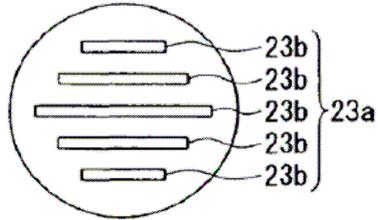


FIG. 4

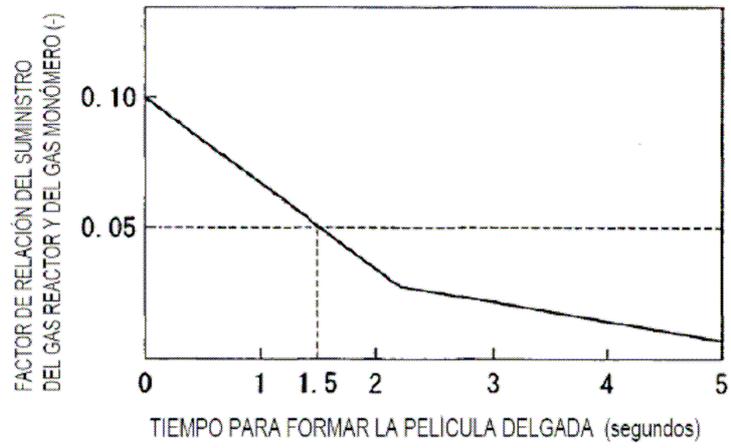


FIG. 5

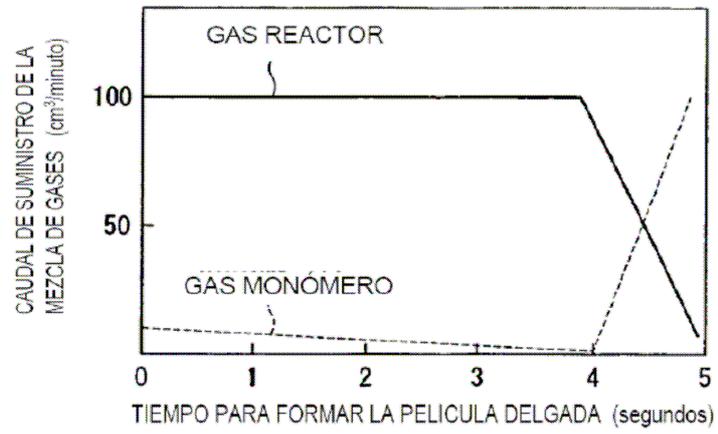


FIG. 6

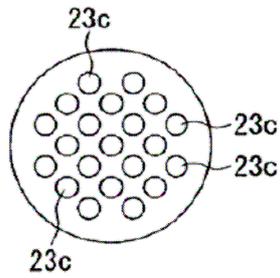


FIG. 7

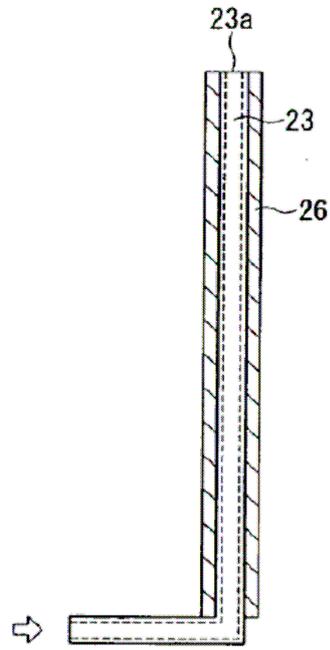


FIG. 8

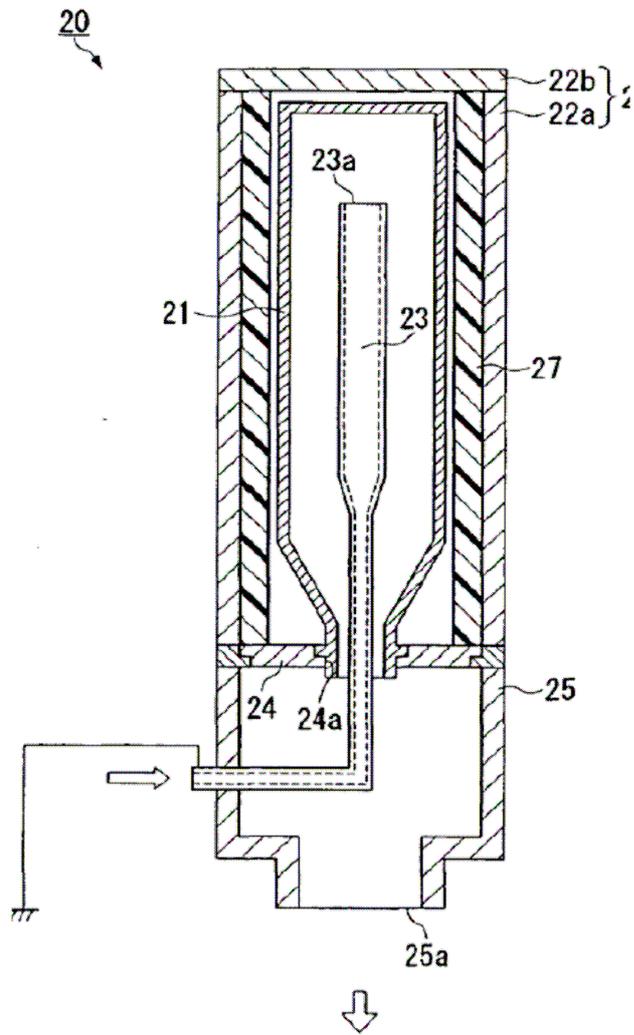


FIG. 9

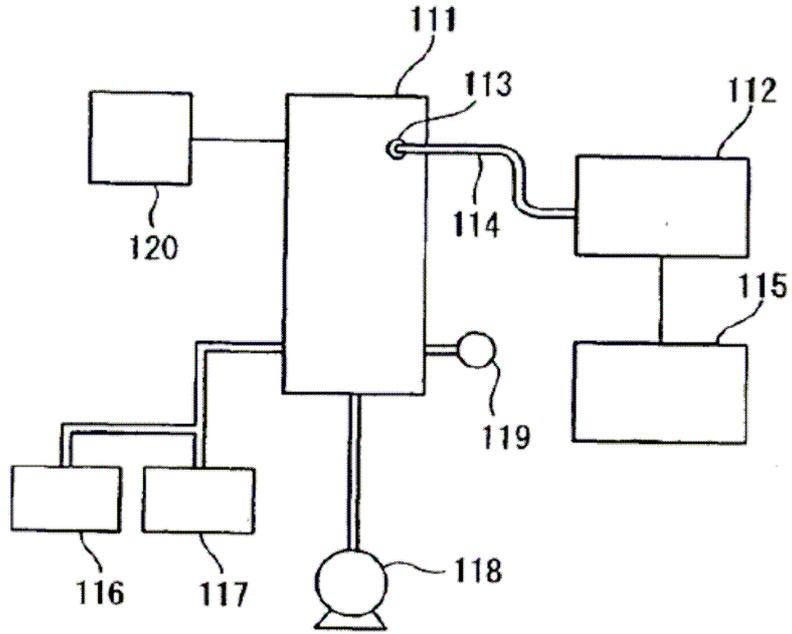


FIG. 10

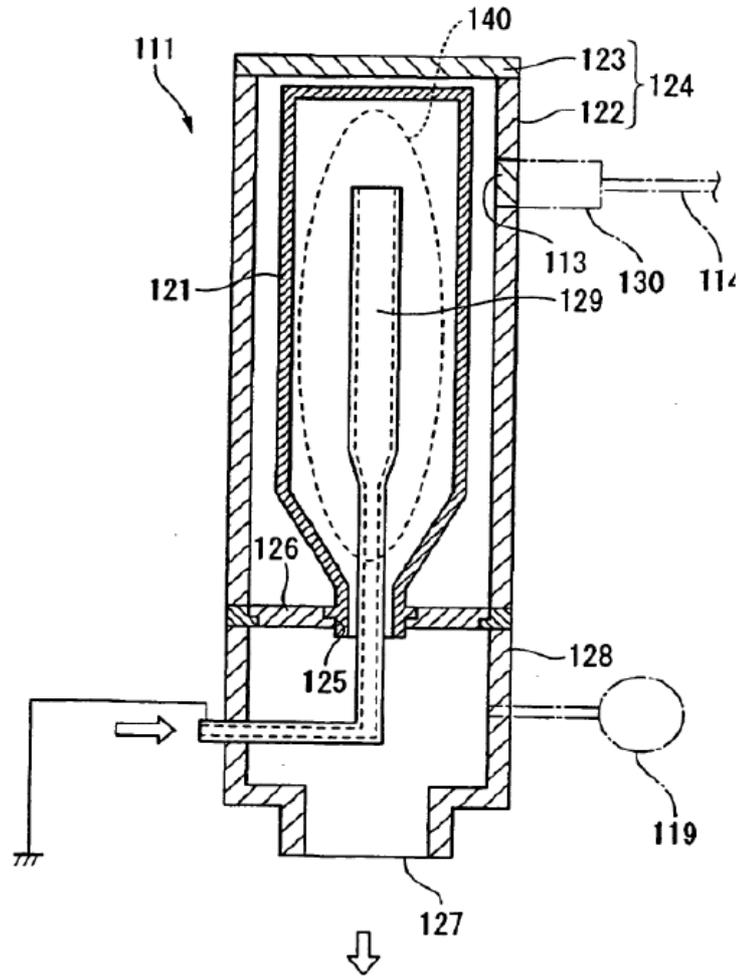


FIG. 11

