

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 603 181**

51 Int. Cl.:

C03B 37/012 (2006.01)

C03B 37/027 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.10.2007 PCT/US2007/022293**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.08.2008 WO08094228**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.10.2007 E 07852849 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.10.2016 EP 2158169**

54 Título: **Método para producción continua o por lotes de fibra óptica y preforma de fibra de óptica**

30 Prioridad:

29.01.2007 US 699162

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
24.02.2017

73 Titular/es:

BROWN, DAVID, P. (50.0%)

AHJOKUJA 1 C 32

FI-00320 HELSINKI, FI y

KAUPPINEN, ESKO, I. (50.0%)

72 Inventor/es:

BROWN, DAVID, P. y

KAUPPINEN, ESKO, I.

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 603 181 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

Método para producción continua o por lotes de fibra óptica y preforma de fibra de óptica

1. Antecedentes de la invención

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un método para la producción de preforma y/o fibra y en particular la producción de fibra óptica y/o una preforma de fibra óptica en la que se puede producir de forma continua una preforma de multi-capa o un sustrato de fibra. La preforma en capas está constituida por partículas de multi-componente depositadas a partir de una o más corrientes de aerosol en la que las partículas individuales tienen la relación de componentes que se desea en la capa de preforma. Preferentemente, los componentes de las partículas de aerosol
10 tienen una estructura de sub-partícula en la que las dimensiones de la estructura de sub-partícula son más pequeñas que el diámetro de partícula y más preferentemente más pequeñas que la longitud de onda de la luz y más preferentemente sobre dimensiones moleculares. Preferentemente, las partículas se depositan sobre el sustrato de preforma por medio de una o más unidades de deposición. Las unidades de deposición múltiples pueden operar de forma simultánea y/o en serie. A medida que se sintetiza la preforma, se puede alimentar simultáneamente en un
15 horno de estirado para la producción continua de fibra. El método también se puede usar para la producción por lotes de preformas y fibras. El método también se puede aplicar a la producción, por ejemplo, de productos de vidrio ahumado o coloreado.

Descripción de la técnica anterior

20 Las fibras ópticas (guías de onda óptica) se usan ampliamente para transmisión de datos de alto volumen y alta velocidad. La pureza mejorada y el control de la fibra óptica han permitido una transmisión de datos cada vez mayor y una disminución de la pérdida de transmisión. Los métodos de producción normalmente se basan en la producción por lotes de una preforma de fibra óptica por medio de deposición química de vapor interna o externa (CVD) (en ocasiones denominada deposición química de vapor modificada o MCVVD) como se describe, por ejemplo, en los documentos US 3.711.262, US 3.737.292, US 3.823.995, US 3.933.454, US 4.217.027 y US 4.341.541 y JP
25 04021536. En estas técnicas, se descomponen térmicamente uno o más precursores en fase gas, tal como SiCl_4 , BCl_3 , GeCl_4 y/o POCl_3 , para producir la nucleación de las partículas (hollín) bien dentro o bien fuera de la preforma que posteriormente se depositan sobre la superficie de la preforma y se calientan para eliminar los huecos interparticulares y para sinterizar la capa de deposición. La preforma en capas se estira posteriormente para dar lugar a una fibra que tiene aproximadamente la misma distribución radial de compuestos que la preforma.

30 El documento US4642129 describe un medio de producción de una preforma de fibra óptica por medio del uso de partículas de vidrio preformadas que se someten a formación de aerosol para deposición sobre un sustrato. El documento US6723435 describe un método y un aparato para producir una preforma de fibra óptica en el que las partículas submicrónicas producidas por medio de nucleación homogénea a partir de un gas precursor se depositan sobre un sustrato. El documento GB2067181 describe un método y un aparato para producir una preforma de fibra
35 óptica en el que se deposita una solución líquida de precursores de preforma sobre un sustrato que rota de forma rápida para distribuir uniformemente el líquido antes del secado sobre el sustrato. El documento JP2003020243 describe un método y un aparato para producir una preforma de fibra óptica en la que se deposita un polvo de sílice preformado que contiene una dispersión líquida sobre un sustrato rotatorio y posteriormente se seca la dispersión cuando se encuentra sobre el sustrato.

40 Se han propuestos numerosas variaciones del método básico para aumentar la pureza y mejorar la eficacia de deposición (por ejemplo, los documentos US 4.331.462, WO 98/25861, US 2005/0019504) o para modificar la estructura de la preforma o composición (por ejemplo, los documentos US 3.884.550, US 2001/0031120 A1, US 6.776.991 B1, US 2005/0252258, US 2005/0180709, US 5.246.475), no obstante, la naturaleza por lotes y el uso de descomposición térmica de los precursores de gas para formar un hollín de deposición se ha mantenido en gran medida. Los documentos GB 2015991, WO 99/03781, WO 00/07950, EP 0 463783A1 y EP 0978486A1 describen
45 variaciones en las cuales en primer lugar se vaporizan uno o más precursores líquidos (en ocasiones en presencia de reactivos adicionales como en los documentos US 3.883.336 y WO 00/20346) y después se someten a nucleación para formar partículas de hollín para deposición.

50 Dichos métodos son capaces de producir fibra óptica multimodal o individual de alta calidad en la que se puede variar el índice de refracción a través del radio de la fibra, no obstante, la longitud de cable está limitada por la naturaleza discontinua del proceso de producción y las velocidades de deposición son bajas. Además de la variabilidad inherente del proceso por lotes y los siempre presentes efectos "finales" que requieren que la fibra estirada desde cualquier extremo de la preforma sea descartada, es preciso unir secciones de cable para lograr longitudes suficientes para muchas aplicaciones. Esto conduce a acoplamientos complejos (por ejemplo, el
55 documento US 4.997.797) y pérdidas asociadas y alteraciones en la transferencia de luz. Se han presentado métodos que reivindican ser continuos pero que, en realidad, se basan en un sustrato o filamento de longitud finita (por ejemplo, el documento US 5.114.738). Además, los métodos descritos producen un revestimiento formado por partículas sometidas a nucleación que tienen una distribución de tamaño amplia y morfología que pueden reducir de

forma adicional la eficacia de transmisión. Esto se puede atribuir a los medios de producción de partículas de deposición, concretamente a la nucleación de gas-partícula, en la que los diferentes compuestos necesarios para crear la capa de deposición están presentes en gran medida en las diferentes partículas de aerosol. Por consiguiente, un método que pueda solucionar las limitaciones inherentes de los métodos de producción por lotes, mejora la eficacia de uso de los materiales de síntesis y aumenta la homogeneidad de los compuestos constituyentes en las capas de depósito de la preforma y la fibra con el fin de mejorar la eficacia de transmisión óptima y sería beneficioso para la industria y el comercio.

2. Breve resumen de la invención

La presente invención se refiere a un método para la producción de preformas y fibras y, en particular, fibra óptica y preformas de fibra óptica en reactores continuos o por lotes. Este método comprende las etapas de:

a) insertar un sustrato de preforma en un reactor de preforma;

b) introducir uno o más gases portadores y una o más partículas de deposición o partículas de precursor de partículas de deposición en el reactor de preforma en el que las partículas y/o los precursores de partículas contienen un material de matriz y uno o más agentes de impurificación; en el que uno o más compuestos o precursores de compuestos se dispersan en un disolvente o solución, atomizar la solución o soluciones para producir partículas de deposición de una propiedad concreta o partículas de precursor de partículas de deposición;

c) aplicar una fuerza a las partículas de deposición esencialmente en la dirección del sustrato de preforma para mejorar las partículas de deposición en un mejorador de deposición; y

d) depositar todo o parte de las partículas de deposición sobre el sustrato para formar una capa de partículas de deposición.

La invención permite eficacias de deposición elevadas del material de matriz y de los agentes de impurificación, elevada uniformidad de los agentes de impurificación en la preforma y se pueden integrar fácilmente en la preforma existente y las instalaciones de estirado de fibras. Se pueden usar diversas fuerzas de acuerdo con la invención para mejorar la deposición incluyendo termoforética, inercial, electroforética, fotoforética, acústica y/o gravitacional. Preferentemente, las partículas de deposición tienen un diámetro aerodinámico entre 0,01 micrómetros y 1000 micrómetros y más preferentemente entre 0,1 micrómetros y 100 micrómetros y del modo más preferido entre 1 micrómetro y 10 micrómetros. Las partículas de deposición tienen una estructura de sub-partícula en la que las dimensiones de la estructura de sub-partícula son más pequeñas que el diámetro de partícula y cuando el producto final es fibra óptica, más preferentemente más pequeño que la longitud de onda de la luz que se transmite a través de la fibra óptica y más preferentemente a escala molecular. Se puede aplicar energía a las partículas de deposición o partículas de precursor y/o gases de precursor por cualquier medio conocido en la técnica incluyendo calentamiento por láser, eléctrico, resistivo, conductivo, radiativo (en el intervalo completo del espectro electromagnético) y/o acústico o vibracional, combustión, o reacción química y/o reacción nuclear. La invención adicionalmente permite la síntesis de fibras múltiples en paralelo en la dirección del cable de fibra. El sustrato puede estar en forma de varilla, tubo o, esencialmente, cualquier otra forma. El sustrato puede incorporarse después a la fibra si se prepara a partir de un material apropiado, o se retira antes del estirado de la fibra y para actuar como matriz o mandril. Además, la invención, aunque se describe en la presente memoria con detalle para la producción de preformas de fibra óptica y preformas de fibra óptica, también se puede aplicar por ejemplo a la producción de vidrios decorativos coloreados o ahumados, osciladores, amplificadores y láseres. Además, las preformas en capas se pueden procesar por otros medios conocidos en la técnica además de estirado, tales como moldeo o extrusión.

3. Breve descripción de las diversas vistas de los dibujos

La **Figura 1** muestra un diagrama de la realización preferida del método para la producción continua de fibra óptica en el que se separan el acondicionador de partículas y el mejorador de deposición en el espacio y en serie y en el que existen múltiples unidades de deposición con sondas de enfriamiento ubicadas en serie y operadas de forma continua y en el que la mejora de deposición se logra por inercia y termoforesis y en el que se incorporan hornos de sinterización y estirado en serie aguas debajo de las unidades de deposición.

La **Figura 2** muestra un diagrama de primer plano un acondicionador de partículas de deposición y dispositivo de mejora de deposición de la realización preferida del método para la producción continua o por lotes de fibra óptica, en el que el acondicionador de partículas y el mejorador de deposición se separan en el espacio y en serie y en el que la mejora de deposición se logra por inercia y termoforesis.

La **Figura 3** muestra vistas isométricas (a), lateral (b) y desde arriba (c) de una realización preferida de la invención para la producción continua o por lotes de fibra óptica, en la que el mejorador de deposición es una boquilla con forma toroidal caliente y en la que la mejora de deposición se logra por inercia y termoforesis.

La **Figura 4** muestra una realización preferida de la invención para la producción continua de fibra óptica en la que el sustrato de preforma de fibra óptica se forma en modo continuo a partir de masas fundidas de precursor de sustrato, polvos o pellas y en la que la sonda de enfriamiento para la mejora de deposición electroforética se inserta a través del centro de un molde de sustrato en el sustrato de preforma de fibra óptica.

5 La **Figura 5** muestra un diagrama de una realización preferida del método para la producción continua de fibra óptica en el que a), el acondicionador de partícula y el mejorador de deposición se combinan en el espacio y en el que existen múltiples unidades de deposición y sondas de enfriamiento ubicadas en serie y operadas de forma continua y en el que la mejora de deposición se logra por inercia y termoforesis, y en el que se incorporan hornos de sinterización y estirado en serie aguas debajo de las unidades de deposición y b), las partículas de deposición se introducen directamente en el mejorador de deposición y en el que existen múltiples unidades de deposición en serie y operadas de forma continua y en el que la mejora de deposición se logra únicamente por inercia y en el que los hornos de sinterización y estirado están en serie y se incorporan en serie aguas debajo de las unidades de deposición.

15 La **Figura 6** muestra un diagrama de la realización preferida del método de producción continua de fibra óptica en el que la formación de partículas de precursor, el acondicionamiento de partículas de precursor, la formación de partículas de deposición y la deposición se combinan en el espacio y en el que existen unidades de deposición múltiples y sondas de enfriamiento y en el que la mejora de deposición se logra por inercia y termoforesis y en el que se incorporan hornos de sinterización y estirado en serie aguas debajo de las unidades de deposición.

20 La **Figura 7** muestra un diagrama de primer plano de un mejorador de deposición de una realización preferida de la invención para la producción continua o por lotes de fibra óptica en el que la mejora de deposición se logra por medio de termoforesis únicamente y en el que el gas de recubrimiento se usa para controlar más la deposición.

La **Figura 8** muestra un diagrama de primer plano de un mejorador de deposición de una realización preferida de la invención para la producción continua o por lotes de fibra óptica en el que la mejora de la deposición se logra por medio de electroforesis únicamente y en el que se usa un gas de recubrimiento para controlar más la deposición.

25 La **Figura 9** muestra un diagrama de primer plano de un mejorador de deposición de una realización preferida de la invención para la producción continua o por lotes de fibra óptica en el que la mejora de la deposición se logra por medio de electroforesis únicamente y en el que se usa un gas de recubrimiento para controlar más la deposición y en el que las partículas de precursor de partículas de deposición y/o las partículas de deposición se forman *in situ* en el mejorador de deposición.

30 La **Figura 10** muestra vistas axiales e isométricas de un mejorador de deposición de una realización preferida de la invención para la producción continua o por lotes de fibra óptica en el que la mejora de deposición se logra por inercia y termoforesis y en el que la boquilla de deposición y la sonda de enfriamiento y el sustrato de preforma de fibra óptica se hacen rotar uno con respecto a otro sobre un eje de rotación común para lograr una deposición de partícula esencialmente uniforme sobre el sustrato de preforma de fibra óptica.

35 La **Figura 11** muestra una vista lateral de una boquilla de mejora de la deposición combinada con un acondicionador de partículas de aerosol de deposición de una realización preferida de la invención para la producción continua o por lotes de fibra óptica en la que se introduce un flujo de gas de recubrimiento de la boquilla para reducir más las pérdidas y/o mejorar la eficacia de deposición.

40 La **Figura 12** muestra mejoradores de deposición apropiados para la deposición interna de partículas de deposición en la que a) la boquilla de deposición se orienta a lo largo del eje del tubo de sustrato de preforma de fibra óptica y tiene una salida de forma esencialmente rectangular, b) la boquilla de deposición es de forma esencialmente toroidal y está orientada perpendicular al eje del sustrato de preforma de fibra óptica.

La **Figura 13** muestra un diagrama de un cono de preforma de fibra óptica producida de acuerdo con la realización que se muestra en las Figuras 1, 5 y 6.

45 **4. Descripción detallada de la invención**

La Figura 1 muestra un diagrama esquemático de una realización preferida de la invención en la que se alimenta un tubo o varilla de sustrato de preforma de fibra óptica en un reactor de preforma de fibra óptica y posteriormente se reviste con partículas de deposición, creando de este modo una estructura de preforma en capas que tiene un índice de refracción que puede variar con la distancia radial desde el centro de la fibra óptica. El sustrato de preforma puede sinterizarse posteriormente y estirarse, junto con el material de revestimiento o se puede retirar antes de estirar, para actuar como un mandril. En la operación preferida de la presente realización, se forman partículas de precursor de partículas de deposición en forma de aerosol de gotas líquidas por medio de un generador de aerosol (1) y un gas portador en el que las partículas de aerosol contienen un material de matriz esencialmente transparente y un agente de impurificación o aditivo que modifica una propiedad del material. En la realización preferida, el material de matriz es sílice, no obstante, son posibles otros materiales apropiados de acuerdo con la invención. En una realización preferida, el generador de aerosol es un nebulizador ultrasónico, aunque se pueden emplear otros

medidos de generación de aerosol a partir de las materias primas que se conocen en la técnica. Estos incluyen, pero no de forma limitativa, boquillas de pulverización, nebulizadores asistidos por aire, discos giratorios, atomizadores de líquido presurizados, electro pulverizadores u orificios vibratorios. En la realización preferida de la invención, la propiedad a modificar o variar en las partículas de deposición es el índice de refracción, no obstante, son posibles otras propiedades de acuerdo con la invención, por ejemplo, el color, la transparencia y la conductividad. En la realización preferida, las partículas de precursor de partículas de deposición consisten en uno o más disolventes o excipientes, junto con uno o más materiales de matriz esencial y ópticamente transparentes o precursores de material de matriz esencial y ópticamente transparente y agentes de impurificación y/o precursores de agente de impurificación en relaciones según se desee en la fibra óptica. Los agentes de impurificación incluyen, pero no de forma limitativa, B, Er, Yb, P, Nb, Tm, Ge y/o Al. Los agentes de impurificación se pueden introducir en diversas formas, no obstante es preferible que se introduzcan en forma líquida ya sea directamente o como componente en un precursor químico líquido o sólido. Es preferible que los agentes de impurificación o su precursor químico se introduzcan en una solución o mezcla junto con el material de matriz, ya sea en solución con el material de matriz o con un precursor de material de matriz. Son posibles otras composiciones de partículas de precursor de partículas de deposición de acuerdo con la invención, con tal de que las partículas no se vaporicen completamente antes de la deposición sobre el sustrato de preforma. La mezcla del gas portador y las partículas de precursor de partículas de deposición (el aerosol de partículas de precursor) se puede enviar posteriormente a un acondicionador (2) de partículas de aerosol en el que se controlan el tiempo, la temperatura, la presión y/o el historial de concentración de especies del aerosol para formar un aerosol de partículas de deposición que tiene una estructura de sub-partículas en la que las dimensiones de la estructura de sub-partículas es más pequeña que el diámetro de partículas de deposición y preferentemente más pequeña que la longitud de onda de la luz a transmitir a través de la fibra óptica. Preferentemente, esta estructura está en escala nanométrica y más preferentemente en escala molecular. Alternativamente, el aerosol de partículas de precursor de partículas de deposición se puede transportar directamente hasta el mejorador de deposición y no se acondiciona por separado como se describe a continuación. En este caso, el acondicionador de partículas y el mejorador de deposición se combinan. La estructura de sub-partículas de las partículas de deposición puede ser cristalina, amorfa o líquida o una de sus combinaciones, aunque se prefiere amorfa. Para una eficacia máxima de deposición de partículas, las partículas de deposición tienen un diámetro aerodinámico preferentemente entre 0,01 micrómetros y 1000 micrómetros y más preferentemente entre 0,1 micrómetros y 100 micrómetros y del modo más preferido entre 1 micrómetro y 10 micrómetros. La realización preferida se muestra con más detalle en la Figura 2, en la que se transforman las partículas (3) de precursor de partículas de deposición en partículas de deposición (4), bajo la aplicación de energía (5) en un acondicionador (2) de partículas de aerosol. En la realización preferida, el acondicionador de partículas de aerosol es un horno caliente, aunque son posibles otras fuentes de energía y configuraciones de acuerdo con la invención. Los ejemplos de fuentes de energía alternativas incluyen, pero no de forma limitativa, calentamiento electromagnético, resistivo, conductivo, radiativo, nuclear o químico.

El aerosol de partículas de deposición se introduce a continuación en el mejorador de deposición (6) que deposita las partículas de deposición sobre el sustrato (7) de preforma de fibra óptica. En la realización preferida, el mejorador de deposición aplica fuerzas inerciales y/o termoforéticas para provocar una deposición de las partículas mejorada. Se pueden usar otras fuerzas incluyendo, pero no de forma limitativa, fotoforética y/o electroforética, algunas de las cuales se describen con más detalle en las realizaciones alternativas. En la realización preferida, el mejorador de deposición consiste en una boquilla (8) con forma toroidal, una fuente de calor (9) y una sonda de enfriamiento (10) insertada en el interior del tubo de sustrato (7) de preforma de fibra óptica tal y como se muestra en la Figura 3. Son posibles otros componentes del mejorador de deposición de acuerdo con la invención usando, por ejemplo, métodos acústicos y/o eléctricos. En la realización preferida, la boquilla sirve para acelerar las partículas de aerosol hacia el sustrato de preforma de fibra óptica con velocidad suficiente para proporcionar una fuerza inercial que actúe esencialmente perpendicular a la superficie del sustrato. En la realización preferida, la fuente de calor (9), sola o en combinación con el enfriamiento proporcionado por la sonda de enfriamiento, en la que se introduce el fluido de enfriamiento (11) a una temperatura menor que la superficie del sustrato de preforma de fibra óptica, proporciona un mecanismo de mejora de deposición secundario debido a termoforesis a través del gradiente de temperatura desarrollado en las proximidades de la superficie de sustrato de fibra óptica. El mejorador de deposición termoforético también puede actuar como acondicionador de partículas de deposición y, de este modo, la fuente de calor para el mejorador de deposición termoforético también puede ser una fuente de energía de acondicionamiento de partículas. En la realización preferida de la invención, el flujo de enfriamiento se expulsa en la dirección opuesta a su introducción (12) debido al colapso con el tiempo del interior de la preforma de fibra óptica, ya sea en el horno (13) de sinterización opcional o en el horno de estirado (14) aguas debajo del proceso de síntesis. Otros medios de dirigir el flujo de enfriamiento son posibles de acuerdo con la invención. Para un mejor control del flujo de partículas de deposición en el mejorador de deposición, preferentemente, se evacúa todo o parte del gas portador de flujo de aerosol de deposición y cualesquiera partículas no depositadas sobre el sustrato de preforma de fibra óptica, por medio de uno o más puertos de evacuación (15).

La combinación de generador de aerosol, acondicionador de partículas de deposición opcional, mejorador de deposición y puerto de evacuación opcional comprenden una unidad de deposición (16). En la realización preferida que opera para la producción continua de la fibra óptica (17), preferentemente, se sitúan unidades de deposición individuales en serie y se operan simultáneamente como se muestra en la Figura 1. Cada unidad de deposición puede tener, de este modo, un generador de aerosol controlado por separado, un acondicionador de partículas de

deposición, un mejorador de deposición y/o un puerto de evacuación, según sea necesario, para producir de forma continua capas de diversas propiedades ópticas sobre el sustrato de preforma de fibra óptica, según se desee. De este modo, cada unidad de deposición suministra partículas de una propiedad diferente y, así, permite variar las propiedades de la preforma capa a capa.

5 Para la producción por lotes de fibra óptica, se puede producir el sustrato de preforma de fibra óptica de antemano como se sabe en la técnica. No obstante, de acuerdo con la invención, es preferible producir un sustrato de preforma de fibra óptica continuamente como parte del proceso que se muestra en la Figura 4. En la realización preferida, el material de precursor de sustrato de preforma de fibra óptica en forma de masa fundida, perlas o polvo (18) se alimenta de forma continua en un molde o extrusor (19) en el que se suministra energía suficiente (20) para
10 transformar el material de precursor de sustrato de preforma de fibra óptica en un estado vítreo, fundido o líquido en el molde o extrusor, dando como resultado un sustrato de fibra óptica de diámetro y espesor deseados. Para la producción continua de fibra óptica, preferentemente, se controla la velocidad del sustrato de fibra óptica por medio de la velocidad de introducción de las masas fundidas de precursor, perlas o polvos y por medio de un mecanismo de alimentación de sustrato (21), no obstante, es posible cualquier medio de control de la velocidad de alimentación
15 del precursor y mecanismo de alimentación de sustrato que se conozca en la técnica, de acuerdo con la invención. Cuando se usa la mejora de deposición termofóretica debida a un flujo de enfriamiento, preferentemente se inserta la sonda de enfriamiento a través del centro del molde o extrusor y el sustrato de preforma de fibra óptica de conformación y a lo largo del diámetro del sustrato de fibra óptica. Adicionalmente, se pueden insertar otros elementos para la mejora de deposición a través del centro del molde o extrusor, tal como electrodos para la mejora
20 de deposición electrostática como se describe en la Figura 8. En la producción por lotes, la composición de las partículas de deposición se modifica con el tiempo para lograr un gradiente en las propiedades de la preforma, según se desee. Al final del proceso, se estira la fibra óptica y la funda de revestimiento adicional como se conoce en la técnica y se pueden colocar directamente o se pueden recoger en un carrete (22) como se sabe en la técnica.

La Figura 5 y 6 muestran los diagramas esquemáticos de las realizaciones preferidas alternativas de la invención en las que el aerosol de partículas de precursor de partículas de deposición se alimenta directamente en el mejorador de deposición (6) y en el que el mejorador de deposición también sirve como acondicionador (2) de partículas de deposición. Las Figuras 5a y 5b muestran realizaciones en las que las partículas de precursor de partículas de deposición se introducen a partir de un generador de aerosoles (1). En la Figura 5a, las partículas se pre-acondicionan en el acondicionador de partículas de aerosol (2) antes de la deposición. En la Figura 5b, las partículas se suministran directamente al mejorador de deposición (6). La Figura 6 muestra una realización en la que el aerosol de partículas de precursor de partículas de deposición se forma por medio de nucleación a partir de un gas que, cuando se dirige al mejorador de deposición (6), reacciona químicamente o se descompone para formar partículas de deposición o partículas de precursor de partículas de deposición que posteriormente se acondicionan *in situ*.

Volviendo ahora a más detalles de los mejoradores de deposición de acuerdo con la invención, la Figura 7 muestra detalles de las realizaciones de la Figura 1 y la Figura 5 en la que el mejorador de deposición usa únicamente termoforesis con energía térmica (23) suministrada por un horno (9) y enfriamiento proporcionado por una sonda de enfriamiento (10) y en el que el gas de recubrimiento (24) se usa para proteger la pared del horno frente a la deposición de partículas de deposición no recogidas y en el que el tubo de sustrato (7) de preforma de fibras ópticas continuas atraviesa el reactor para crear un depósito esencialmente uniforme de material de partículas de deposición
40 sobre la superficie del sustrato de preforma de fibra óptica y en el que la velocidad de sustrato de preforma de fibra óptica transversal, el calor suministrado por la fuente de energía y el caudal y composición del aerosol de las partículas de deposición o del aerosol de partículas de precursor de partículas de deposición se usan para controlar la velocidad de deposición y el espesor de la capa de deposición. Alternativamente, si el sustrato de preforma de fibra óptica no se atraviesa de forma continua, se puede usar la realización para la producción por lotes.

La Figura 8 muestra un primer plano de una realización alternativa del mejorador de deposición que se puede usar por separado o integrado en otras realizaciones de la invención en las que, se alimenta el aerosol de partículas de precursor de partículas de deposición o el aerosol de partículas de deposición en un aparato de carga (25) de manera que se forman las partículas de deposición o las partículas de precursor de partículas de deposición para transportar la carga neta y en el que se usa una fuente de voltaje (26) para suministrar un potencial eléctrico entre un ánodo y un cátodo (27) en la pared del reactor y un cátodo central correspondiente o ánodo (28) en el interior del sustrato de preforma de fibra óptica para impulsar las partículas de deposición o las partículas de precursor de partículas de deposición sobre la superficie del sustrato de preforma de fibra óptica y en el que el sustrato (7) de preforma de fibra óptica continua atraviesa el reactor para crear un depósito esencialmente uniforme de material de partículas de deposición sobre la superficie del sustrato de preforma de fibra óptica y en el que la velocidad de
55 atravesado del sustrato de preforma de fibra óptica, la carga sobre las partículas, el voltaje aplicado y el caudal y la composición de las partículas de deposición o las partículas de precursor se usan para controlar la velocidad de deposición y el espesor de la capa de deposición. Alternativamente, si el sustrato de preforma de fibra óptica no se atraviesa de forma completa, la realización se puede usar para la producción por lotes.

La Figura 9 muestra un primer plano de una realización alternativa de un mejorador de deposición que puede usarse por separado o puede integrarse en otras realizaciones de la invención, en las que parte o la totalidad de las partículas de deposición (4) o las partículas (3) de precursor de partículas de deposición se forman in-situ cerca de

la zona de deposición. En la presente realización, se puede usar la energía de la fuente de energía (9) para descomponer térmicamente un precursor gaseoso para formar partículas o partículas de precursor de partículas de deposición y/o el gas de recubrimiento (24) también puede actuar como reactivo que, cuando entra en contacto con el flujo (4) de aerosol de partículas de precursor de partículas de deposición, reacciona químicamente para formar las partículas de deposición o las partículas de precursor de partículas de deposición. Alternativamente, si el sustrato de preforma de fibra óptica no se atraviesa de forma continua, la realización se puede usar para la producción por lotes.

Las Figuras 10a y b muestran un mejorador de deposición de una realización preferida de la invención para la producción continua o por lotes de fibra de cable de fibra óptica en el que la mejora de deposición se logra por termoforesis y/o inercia y en el que la boquilla de deposición (8) y la sonda de enfriamiento (10) y el sustrato de preforma de fibra óptica (7) se hacen rotar uno con respecto a otro alrededor de un eje de rotación común para lograr una deposición de partículas esencialmente uniforme sobre el sustrato de preforma de fibra óptica. La boquilla, preferentemente tiene una salida con una relación de aspecto elevada para tener un corte transversal esencialmente bidimensional y la sonda de enfriamiento tiene una salida (28) que mira esencialmente a la salida de la boquilla. En dicha realización, la mejora de deposición adicional se puede lograr dirigiendo el flujo de fluido de enfriamiento en la dirección opuesta a la de la boquilla de deposición por medio de una salida de sonda de enfriamiento (28) en forma de una rendija que tiene dimensiones similares a las de la salida de la boquilla. De esta forma, si se hace rotar la boquilla, se puede hacer rotar la sonda de enfriamiento de forma equivalente para mantener la boquilla y los chorros de la sonda de enfriamiento esencialmente mirando uno a otro. Si el sustrato de preforma de fibra óptica también se mueve a lo largo del eje de la sonda de enfriamiento, se puede usar la presente realización para la producción continua de cable de fibra óptica. Alternativamente, si no se atraviesa el sustrato de preforma de fibra óptica de forma continua, se puede usar la realización para la producción por lotes.

La Figura 11 muestra una vista lateral de una boquilla que mejora la deposición combinada con un acondicionador de partículas de deposición de una realización preferida de la invención para la producción continua o por lotes de cable de fibra óptica, en la que se introduce un flujo (29) de gas de recubrimiento de boquilla para reducir las pérdidas de las partículas de deposición o las partículas de precursor de partículas de deposición y/o para acelerar de forma adicional las partículas de deposición y/o, cuando se calienta el flujo de gas de recubrimiento de boquilla por encima de la temperatura de deposición del gas de aerosol, para mejorar de forma adicional la deposición termoforética.

Son posibles otras realizaciones o alteraciones de acuerdo con la invención por parte de las personas reconocidas en la técnica y no se pretende que las realizaciones descritas limiten el alcance de la invención en modo alguno. Por ejemplo, se pueden aplicar otras fuentes de energía al reactor tal como calentamiento por radio-frecuencia, microondas, acústico, inducción de láser o alguna otro fuente de energía tal como reacción química. Son posibles otros sistemas para la producción de las partículas, por ejemplo, expansión adiabática en una boquilla, descarga de arco o sistema de electro-pulverización para la formación de partículas de deposición, de acuerdo con la invención. También son posibles otros medios para producir de forma continua el sustrato de preforma de acuerdo con la invención. Adicionalmente, aunque las realizaciones descritas se centran en la deposición externa de partículas de deposición, la presente invención incluye realizaciones en las que las partículas de deposición se depositan de forma interna. Adicionalmente, aunque las realizaciones descritas se centran en la deposición externa de las partículas de deposición, la presente invención incluye realizaciones en las que las partículas de deposición se depositan de forma interna. La Figura 12a muestra una realización para la producción por lotes de fibra óptica en la que se inserta una boquilla (8) de deposición con rendija en el interior de un tubo de sustrato (7) de preforma de fibra óptica. En la presente realización, el aerosol de las partículas de deposición (4) o las partículas (3) de precursor de partículas de deposición se introducen en uno o ambos extremos del sustrato de preforma de fibra óptica, la boquilla y el sustrato se rotan uno con respecto a otro con el fin de depositar una capa esencialmente uniforme, se deposita parte o la totalidad de las partículas de deposición y se evacúa el gas portador (30) en uno o ambos extremos del sustrato de preforma de fibra óptica. La Figura 12b muestra una realización para la producción continua o por lotes de fibra óptica en la que se inserta la boquilla (8) de deposición con rendija de eje simétrico en el interior del tubo de sustrato (7) de preforma de fibra óptica. En esta realización, el aerosol de las partículas de deposición (4) o las partículas (3) de precursor de partículas de deposición se introduce en la boquilla, la boquilla y el sustrato se mueven uno con respecto al otro con el fin de depositar una capa esencialmente uniforme, parte o la totalidad de las partículas de deposición se depositan y se evacúa el gas portador (30).

La Figura 13 muestra un esquema de un cono de preforma (31) de longitud L (32) producido en la realización de la invención mostrada en las Figuras 1, 5 y 6. El sustrato (7) de preforma de fibra óptica en la forma de un tubo se produce como en la Figura 4 y se alimenta a una velocidad constante en una serie de unidades de deposición. Cada unidad añade una capa adicional de partículas de deposición a medida que el sustrato pasa hasta que el cono de la preforma alcanza un diámetro máximo (33). A continuación, la preforma se alimenta a un horno de sinterización y estirado para producir una fibra óptica (17). Los Ejemplos 1 y 2 proporcionan los cálculos de los parámetros críticos para la producción de fibra apropiada para la transmisión de multi-modo y modo individual, respectivamente.

ES 2 603 181 T3

Ejemplo 1: Cálculos para la Síntesis Continua de Fibra de Multi-Modo

Diámetro Externo de Tubo de Sustrato de Preforma	11 mm
Espesor de Tubo de Sustrato	0,9 mm
Diámetro Máximo de Cono de Preforma	150 mm
Longitud de Cono de Preforma	1,0 mm
Diámetro de Fibra Estirada	125 mm
Diámetro de Núcleo de Fibra Estirada	50 mm
Equilibrio de Estirado	1200
Velocidad de Alimentación de Sustrato de Preforma	62 mm/h
Velocidad de Estirado	25 m/s

Ejemplo 2: Cálculos para la Síntesis Continua de Fibra de Modo Individual

Diámetro Externo de Tubo de Sustrato de Preforma	5,5 mm
Espesor de Tubo de Sustrato	0,5 mm
Diámetro Máximo de Cono de Preforma	500 mm
Longitud de Cono de Preforma	1,0 mm
Diámetro de Fibra Estirada	125 mm
Diámetro de Núcleo de Fibra Estirada	8 mm
Equilibrio de Estirado	4000
Velocidad de Alimentación de Sustrato de Preforma	5,6 mm/h
Velocidad de Estirado	25 m/s

REIVINDICACIONES

- 1.-Un método para la producción de preformas y/o fibra que comprende las etapas de:
- insertar un sustrato de preforma en un reactor de preforma;
 - 5 - introducir uno o más gases portadores (30) y una o más partículas de deposición (4) o partículas (3) de precursor de partículas de deposición en el reactor de preforma en el que las partículas y/o los precursores de partículas contienen un material de matriz y uno o más agentes de impurificación; en el que uno o más compuestos o precursores de compuestos se dispersan en un disolvente o solución;
 - aplicar una fuerza a las partículas de deposición esencialmente en la dirección del sustrato de preforma (7) para mejorar las partículas de deposición en un mejorador de deposición (6); y
 - 10 - depositar todo o parte de las partículas de deposición sobre el sustrato para formar una capa de partículas de deposición, **caracterizado** por que el método además comprende las etapas de:
 - atomizar la solución o soluciones para producir partículas de deposición de una propiedad concreta o partículas de precursor de partículas de deposición.
- 2.- Un método de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** por que el método además comprende la etapa de:
- 15 introducir un material de sustrato de preforma en estado fundido, forma de pella o polvo en el interior de un extrusor (19) o molde para formar un sustrato de preforma (7).
- 3.- Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-2, **caracterizado** por que el método además comprende la etapa de:
- 20 formar y/o acondicionar las partículas (3) de precursor de partículas de deposición.
- 4.-Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-3, **caracterizado** por que el método además comprende las etapas de:
- 25 evacuar parte o la totalidad del gas (30) portador de partículas de aerosol de deposición y todo o parte de las partículas (4) de deposición no depositadas restantes y/o las partículas (3) de precursor de partículas de deposición y o los precursores de partículas a partir del reactor de preforma.
- 5.- Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-4, **caracterizado** por que el método además comprende la etapa de:
- 30 aplicar una fuente de energía a la capa de partículas de deposición para sinterizar de forma parcial o completa las partículas de deposición (4).
- 6.- Un método de acuerdo con las reivindicaciones 1-5, **caracterizado** por que el método además comprende la etapa de:
- 35 repetir cualquiera o todas las etapas de las reivindicaciones 1, 3, 4 y 5 para formar una preforma impurificada de multicapa.
- 7.- Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-6, **caracterizado** por que el método además comprende la etapa de:
- 40 retirar parte o la totalidad del sustrato de preforma.
- 8.- Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-7, **caracterizado** por que el método además comprende la etapa de:
- introducir la preforma de fibra impurificada de multicapa en el interior de un horno de estirado (14) para formar una fibra.
- 9.- Un método de acuerdo con las reivindicaciones 1, 3, 4 y 5, **caracterizado** por que cualquiera o la totalidad de las etapas de las reivindicaciones 1, 3, 4 y 5 se aplican simultáneamente y en serie por medio de al menos dos o más fuentes de partículas de deposición (4) o partículas (3) de precursor de partículas de deposición y/o dos o más mejoradores de deposición (6) para facilitar la producción de una preforma de multicapa que tiene dos o más capas.

- 10.- Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-9, **caracterizado** por que las partículas de deposición (4) y/o las partículas (3) de precursor de partículas de deposición se producen por medio de reacción química y/o descomposición térmica y/o supersaturación de uno o más gases precursores seguido de nucleación homogénea y/o heterogénea.
- 5 11.- Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-10, **caracterizado** por que el material de sustrato se introduce continuamente en el molde o extrusor (19), el sustrato formado y las partículas de deposición (4) o los precursores de partículas de deposición se introducen continuamente en el reactor de preforma y las partículas de deposición se depositan continuamente sobre el sustrato para proporcionar una producción continua de la preforma en capas.
- 10 12.- Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-11, **caracterizado** por que la preforma en capas se alimenta continuamente en el interior del horno de estirado (14) para producir fibra (17) óptica continua.
- 15 13.- Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-10, **caracterizado** por que el material de sustrato se introduce intermitentemente en el molde o extrusor (19), el sustrato formado y/o los aerosoles de deposición o los precursores de aerosol de deposición se introducen intermitentemente en el reactor de preforma para comprender un producción por lotes de la preforma en capas y/o la preforma en capas se alimenta intermitentemente en un horno de estirado (14) para proporcionar una producción por lotes de la preforma y/o la fibra.

20

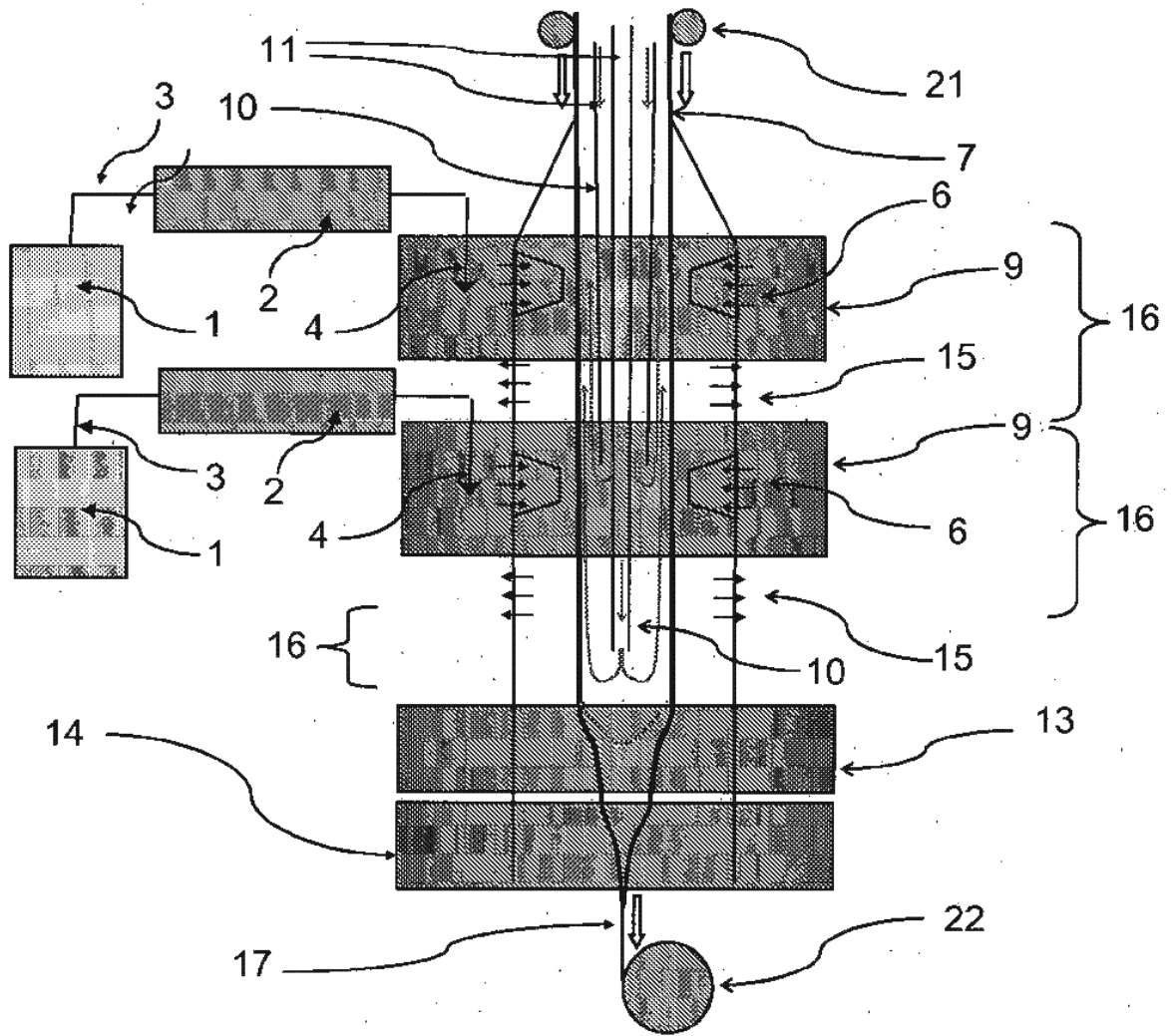


Figura 1

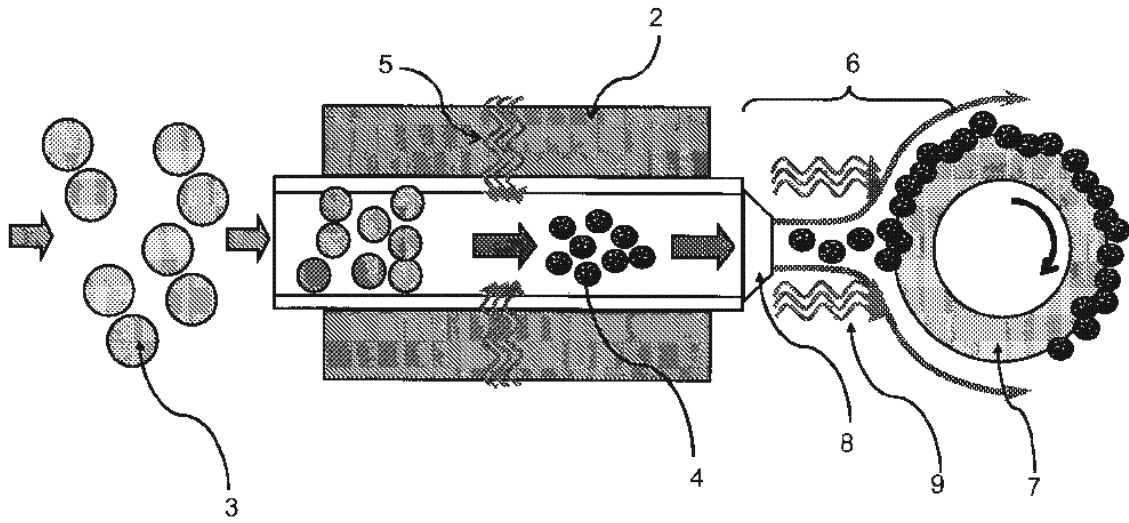


Figura 2

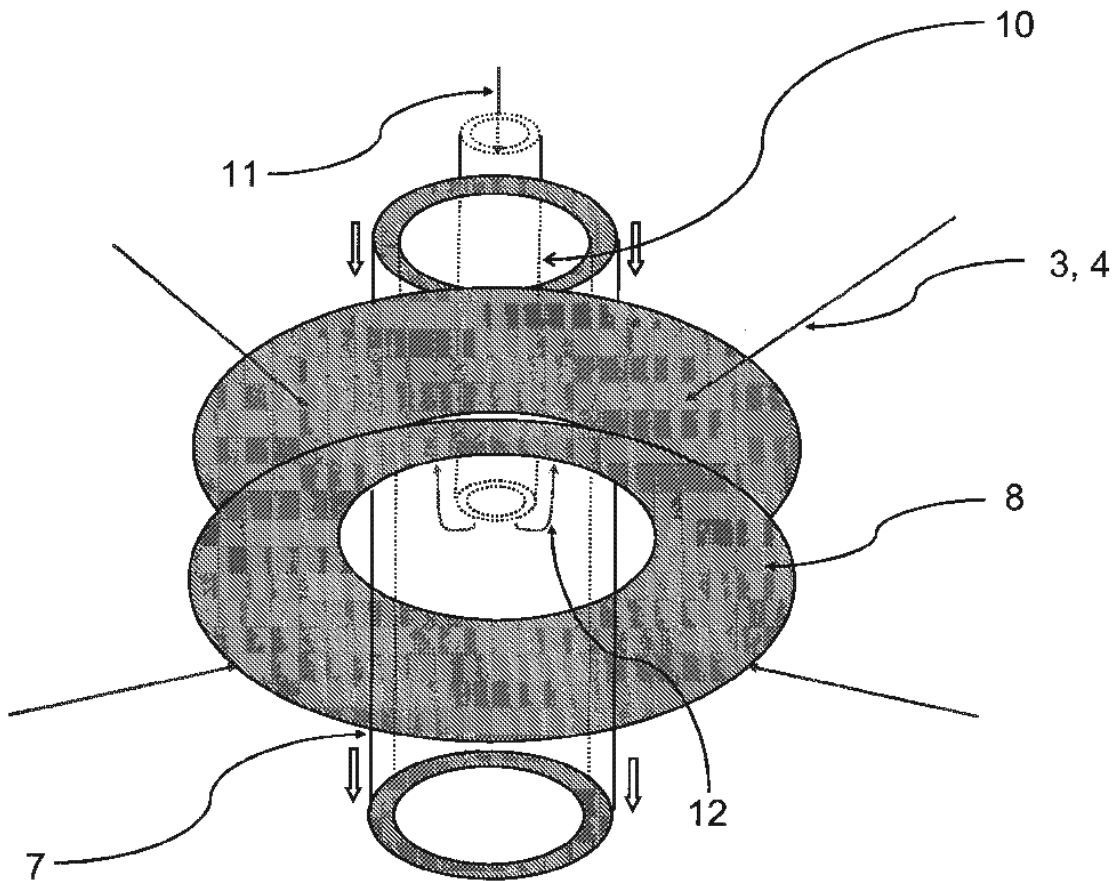


Figura 3a

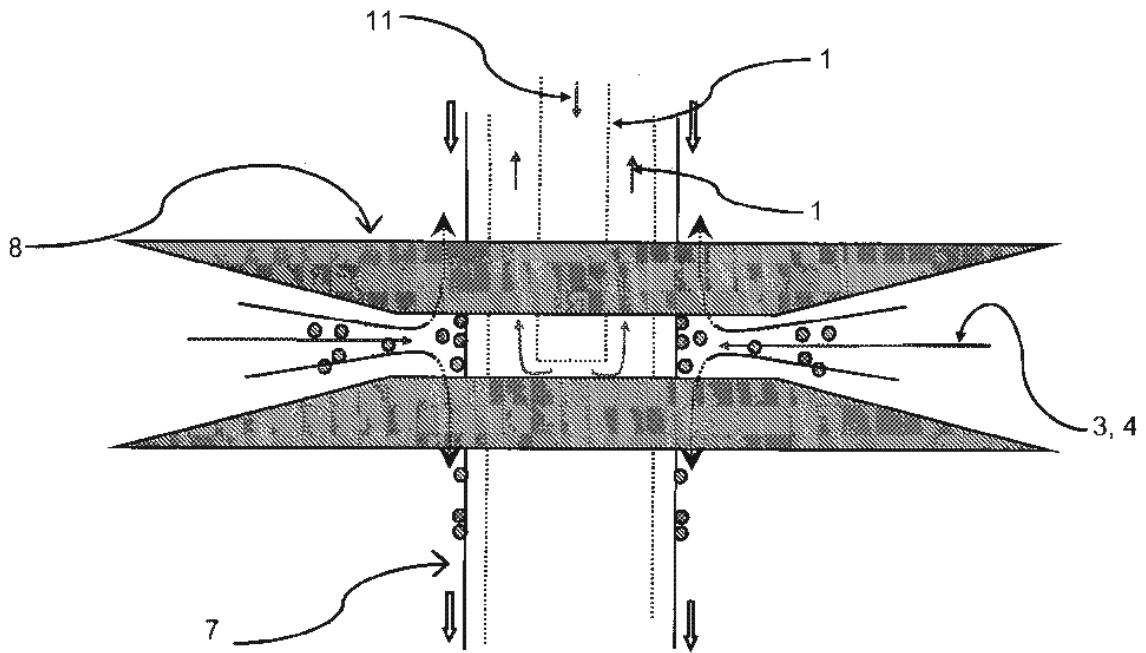


Figura 3b

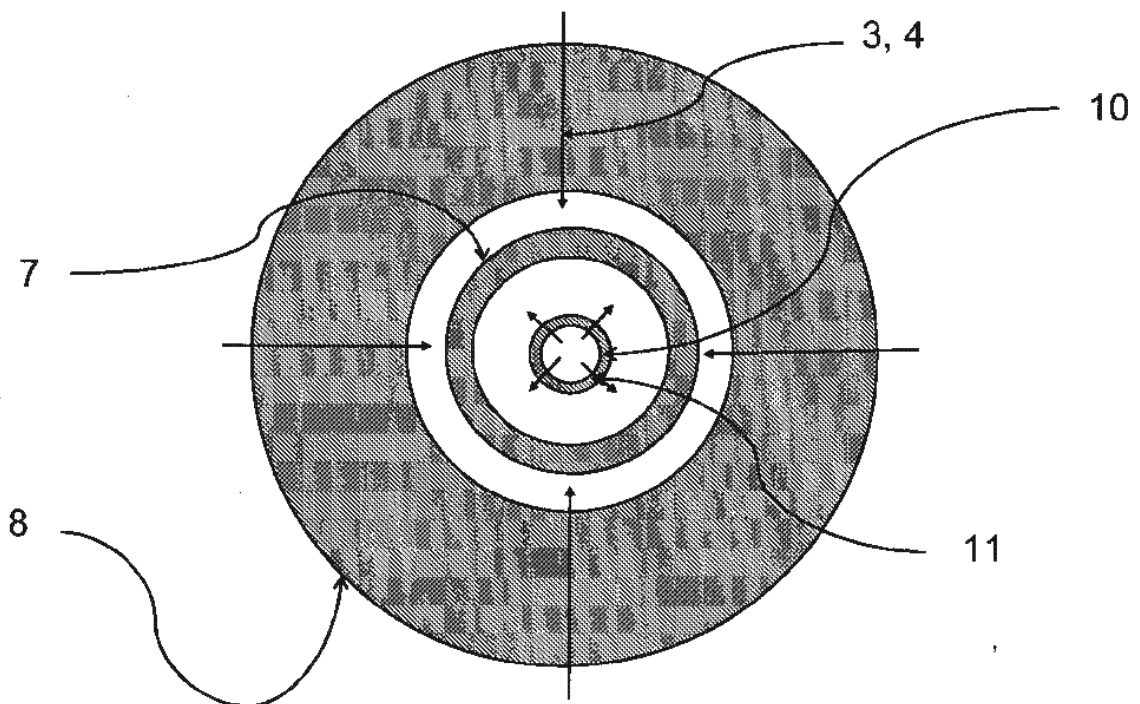


Figura 3c

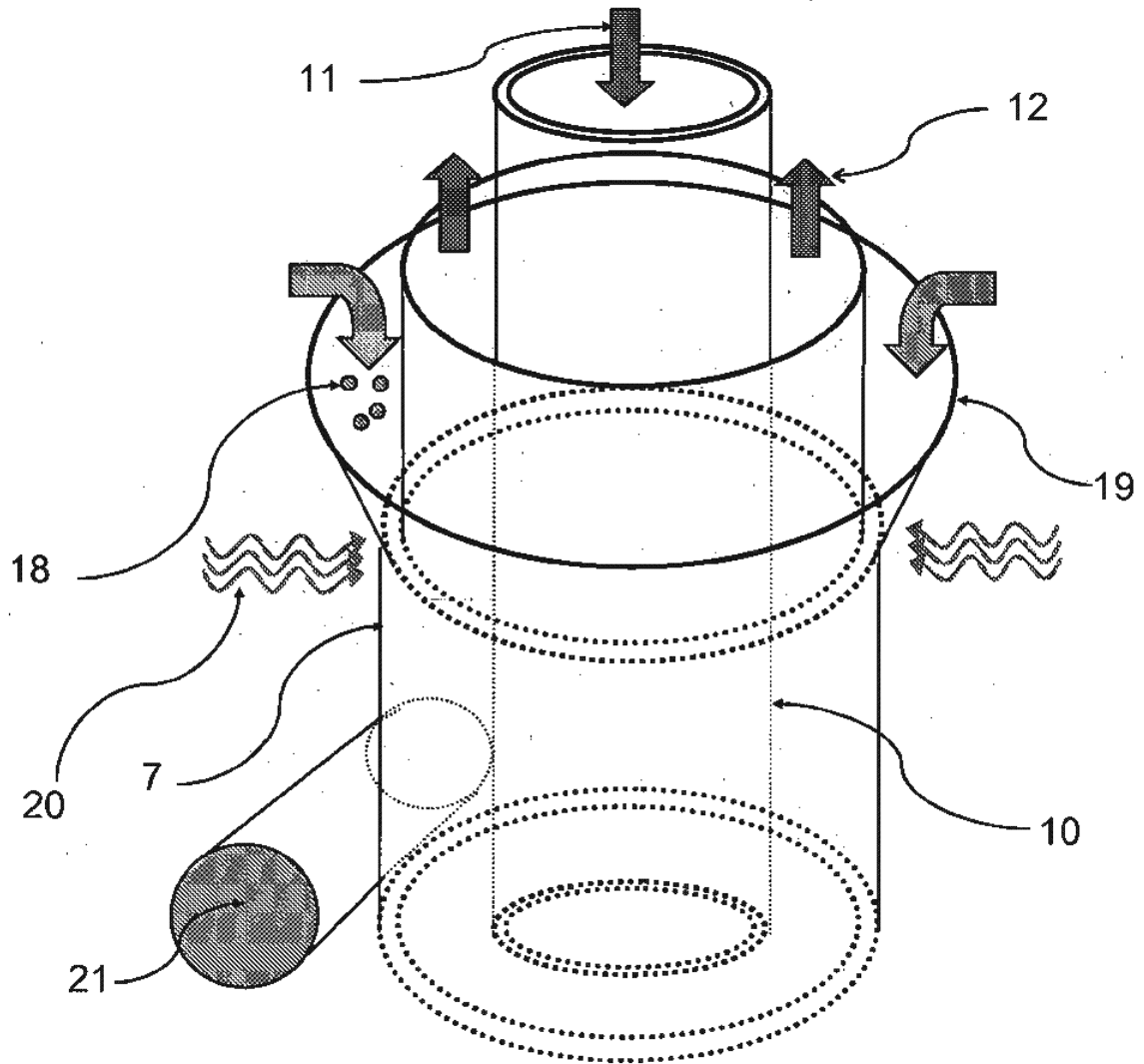


Figura 4

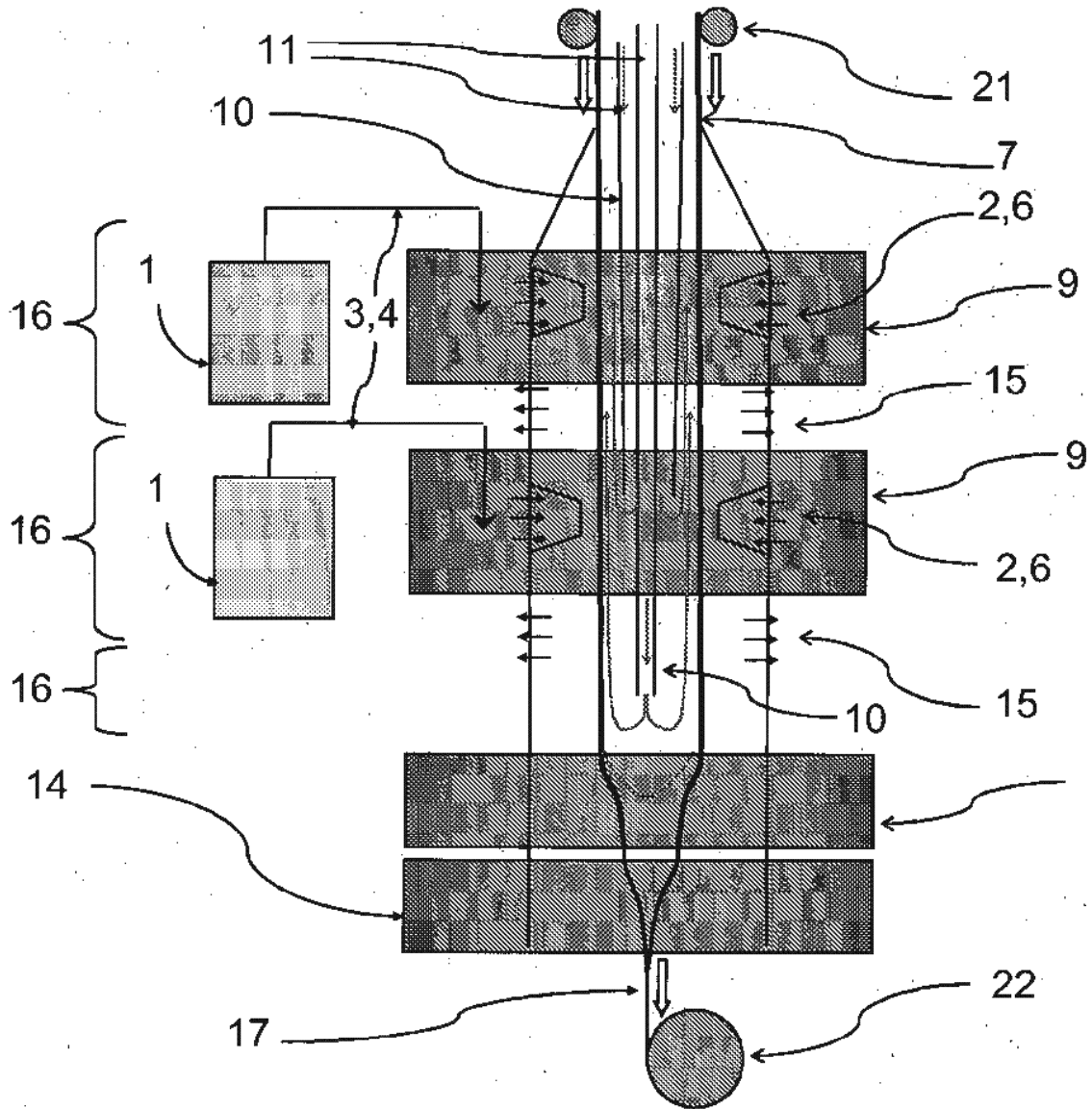


Figura 5a

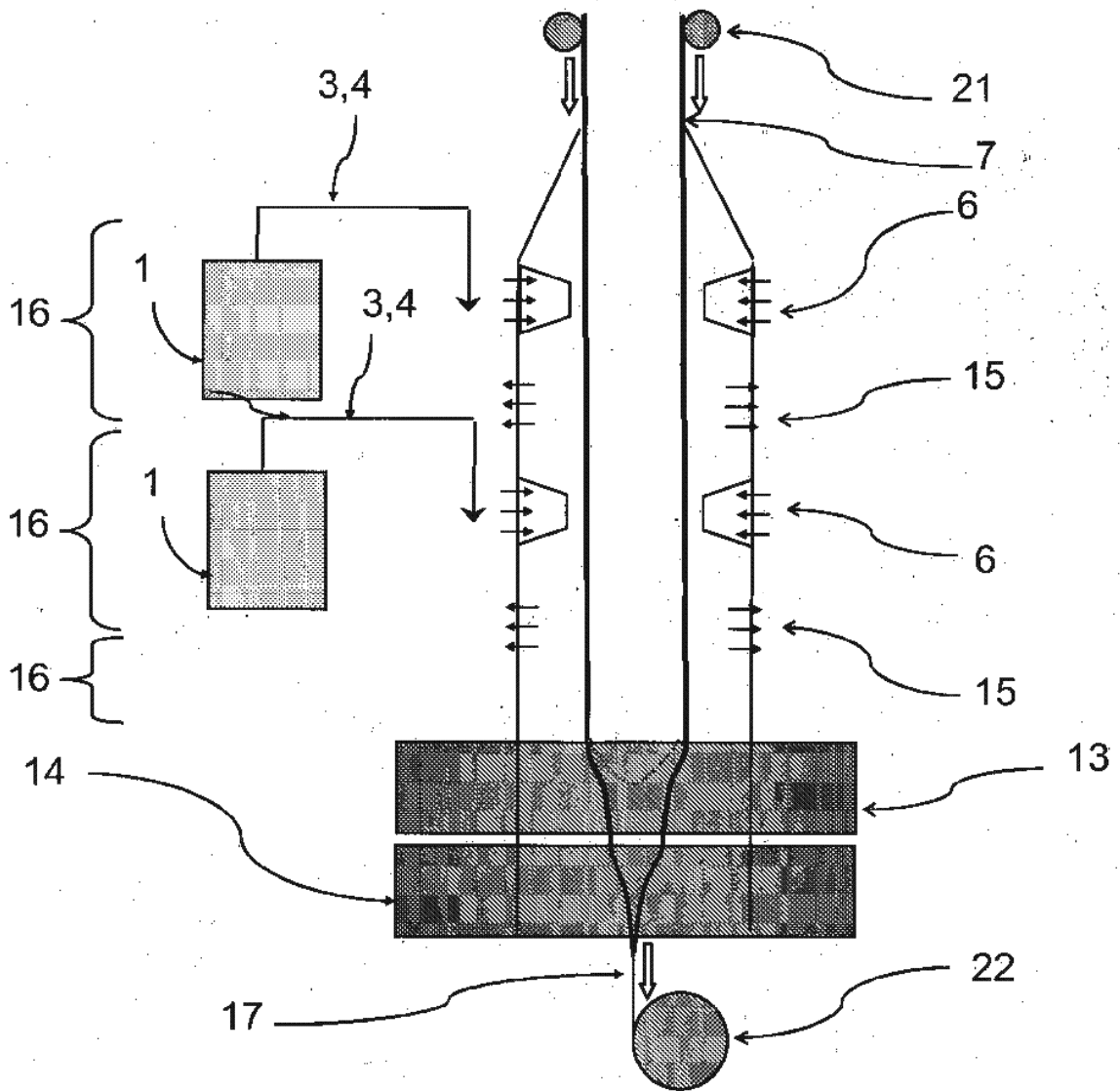


Figura 5b

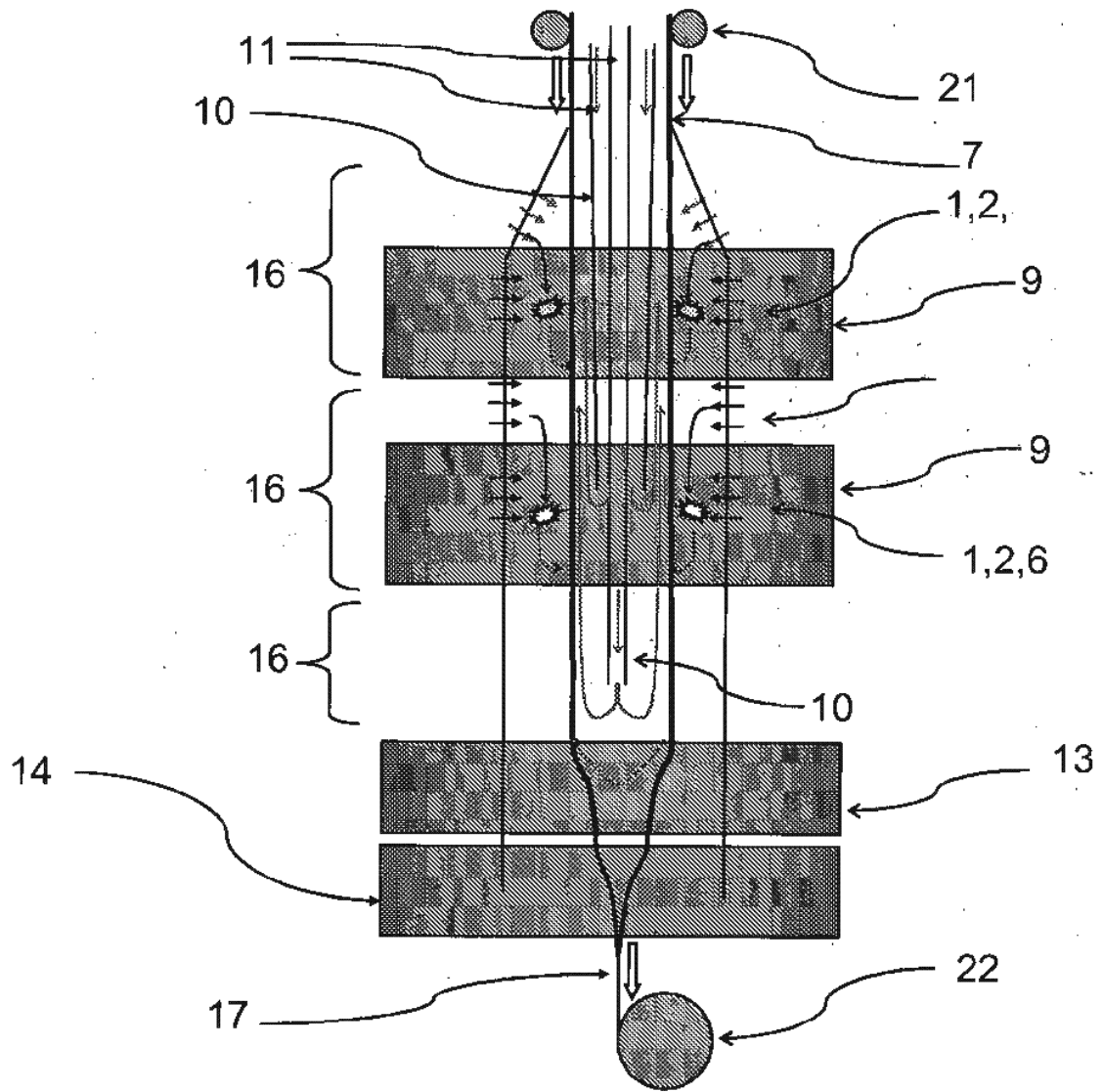


Figura 6

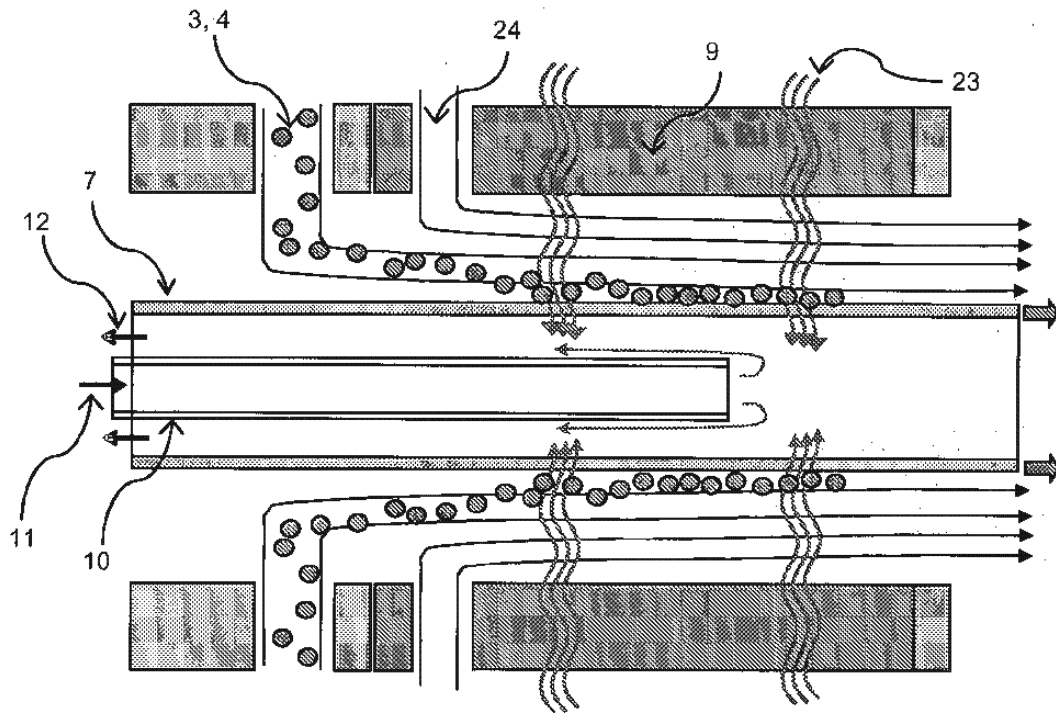


Figura 7

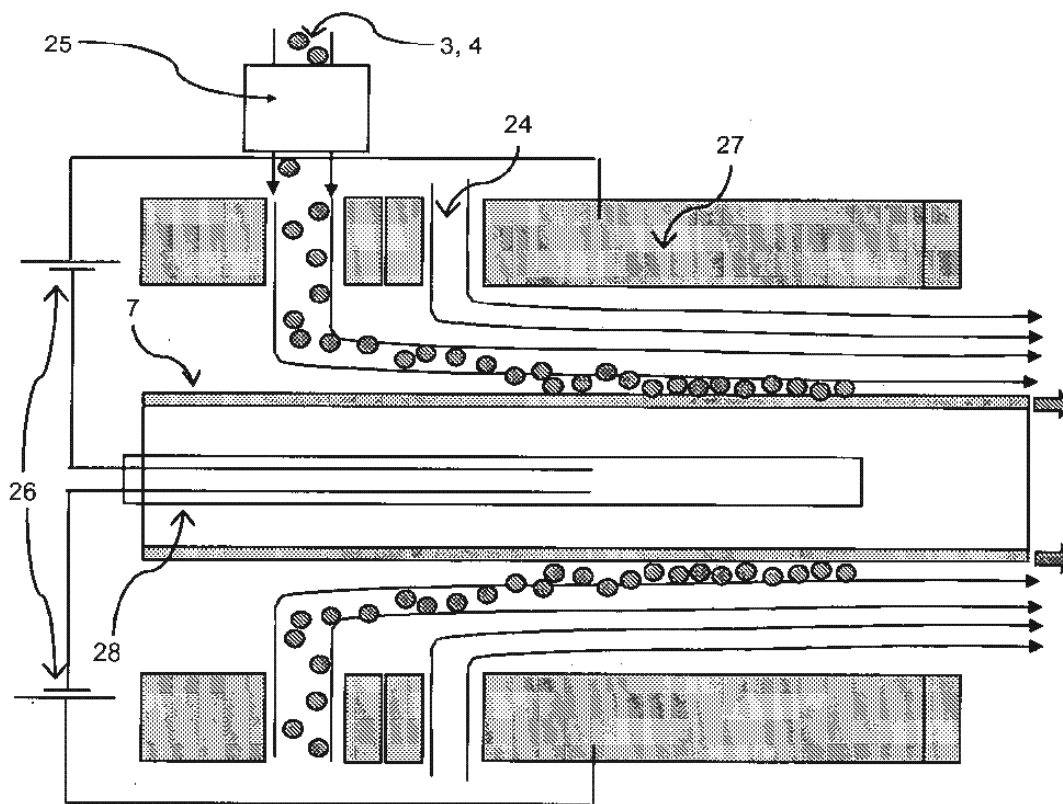


Figura 8

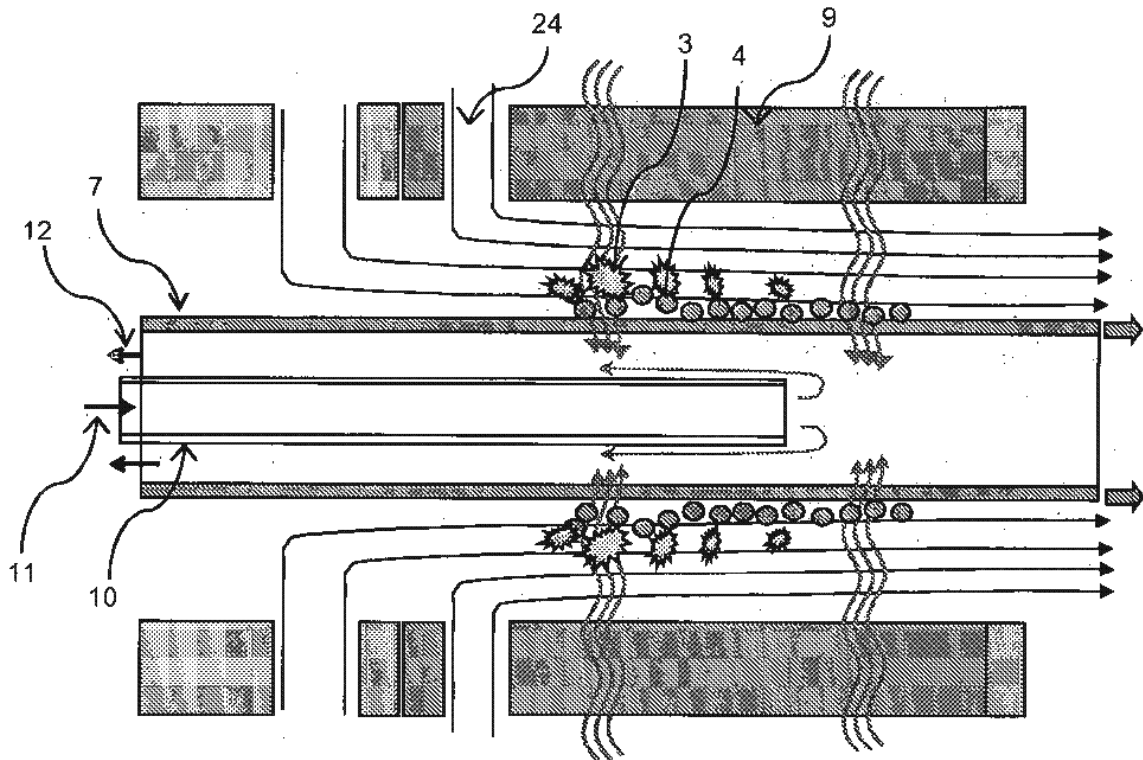


Figura 9

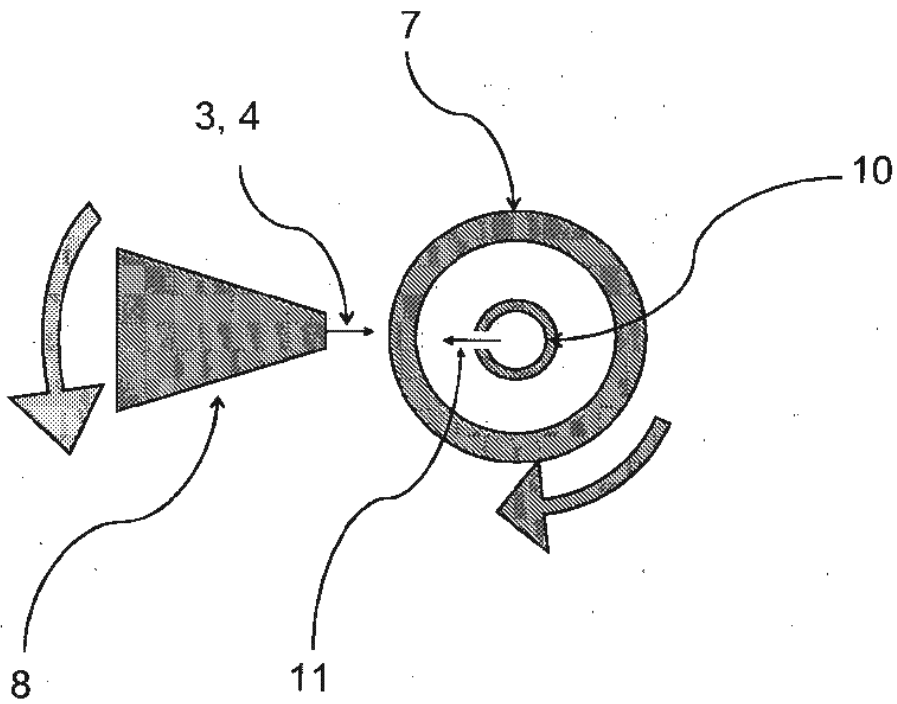


Figura 10a

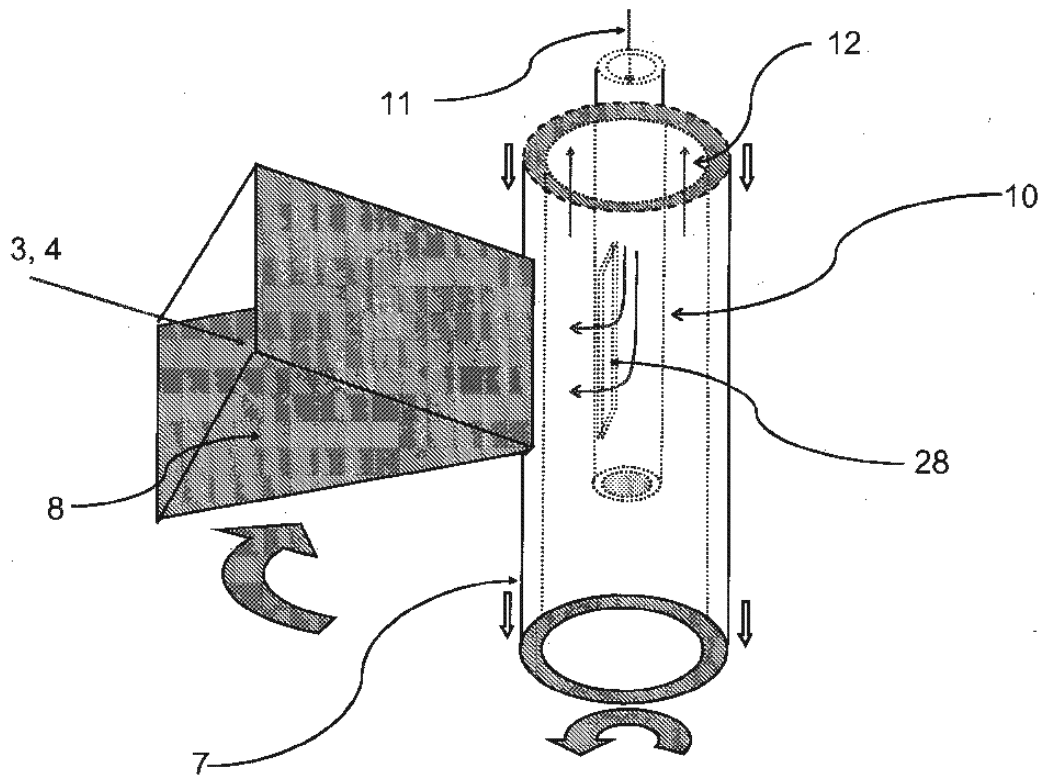


Figura 10b

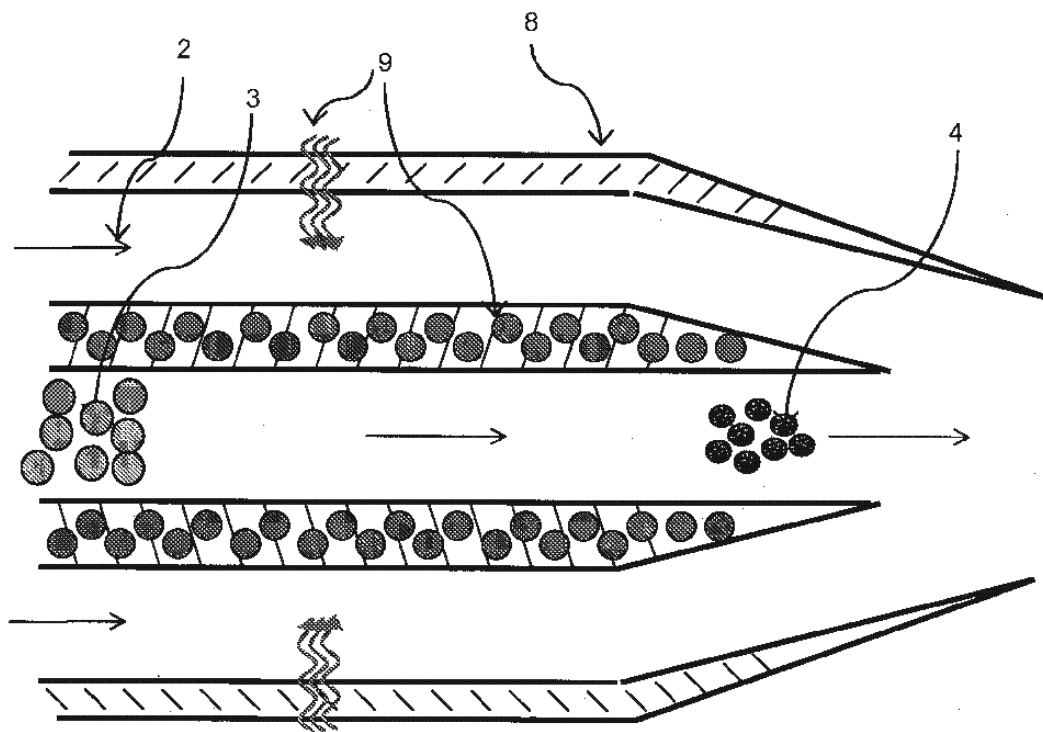


Figura 11

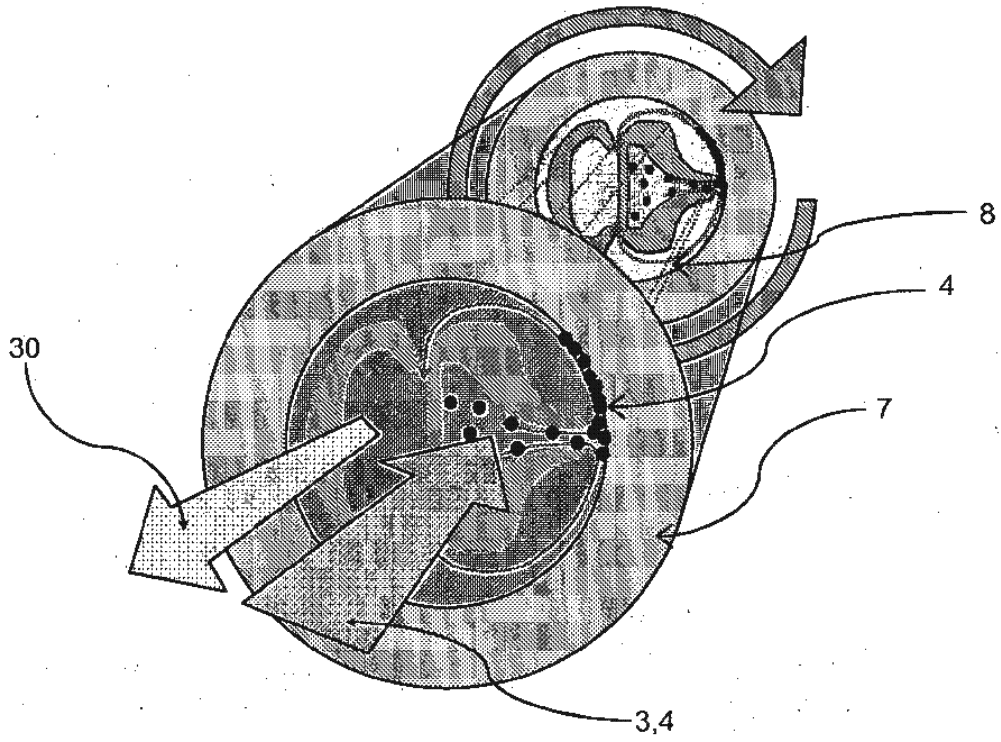


Figura 12a

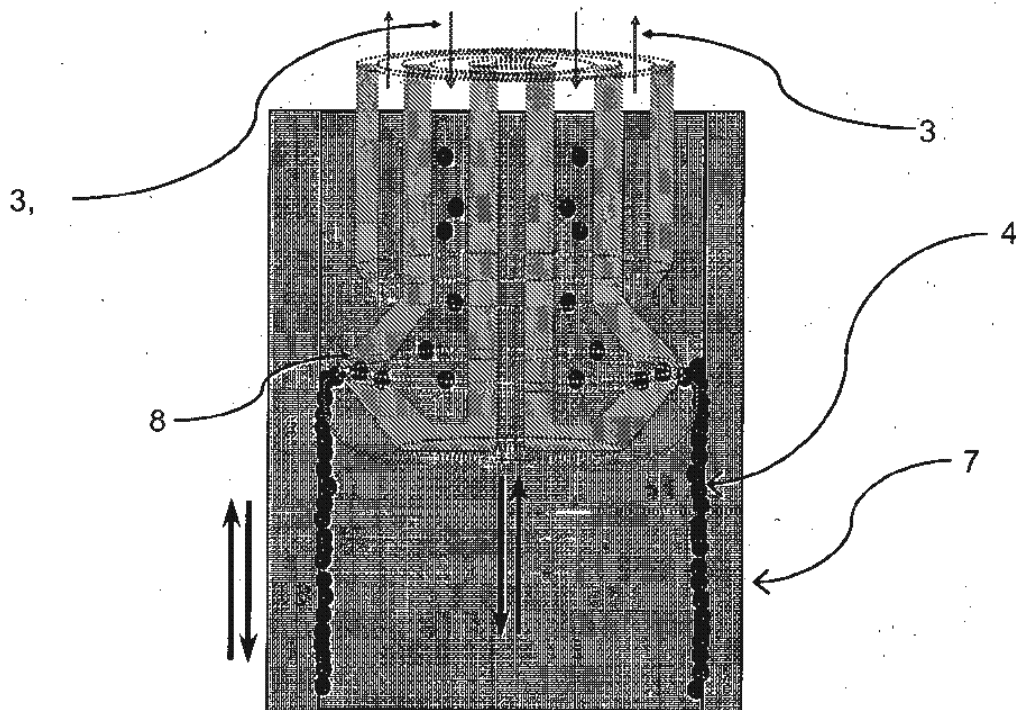


Figura 12b

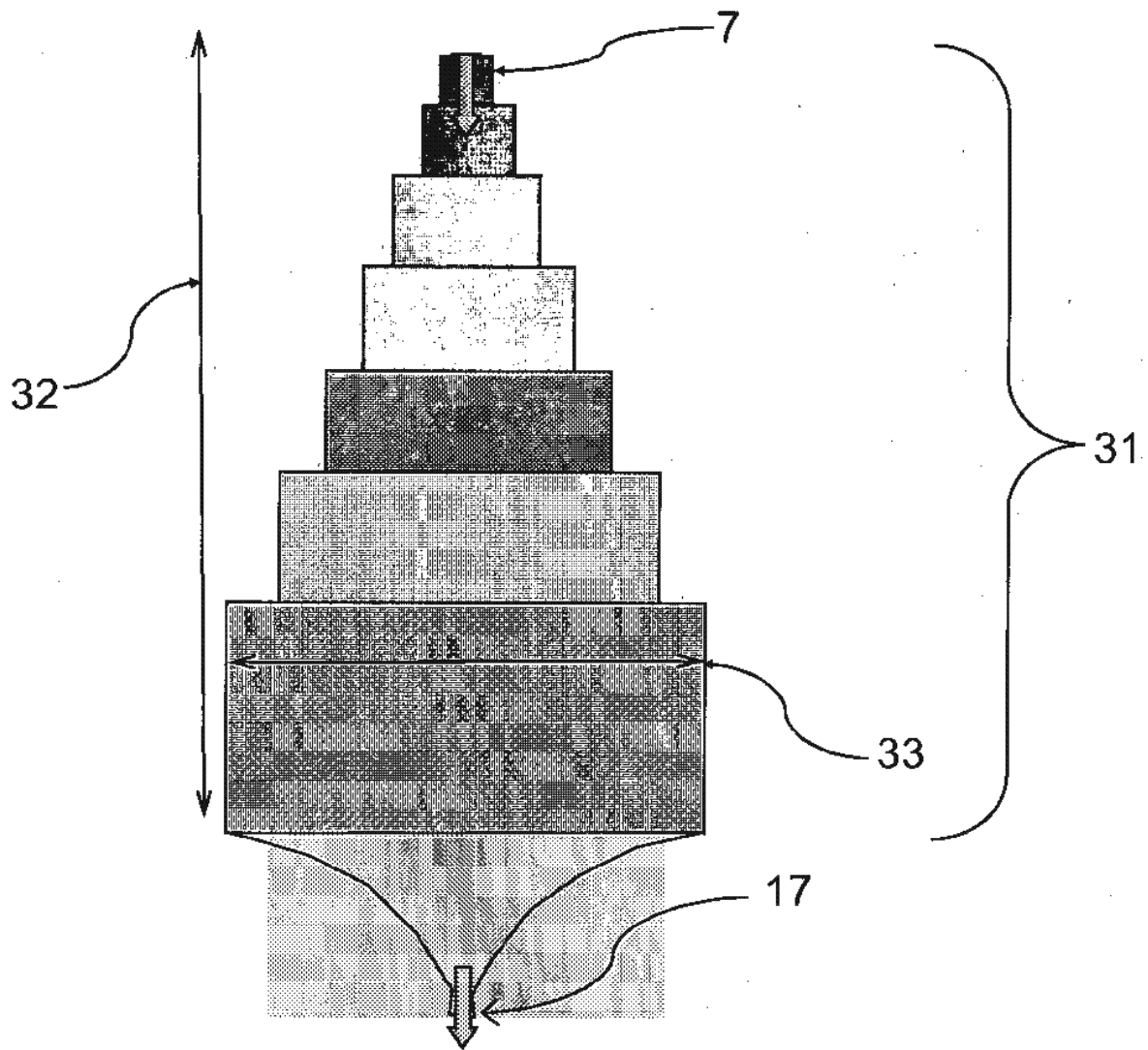


Figura 13