

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 376 133**

51 Int. Cl.:
C03B 37/018 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **08007993 .2**
96 Fecha de presentación: **25.04.2008**
97 Número de publicación de la solicitud: **1988065**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **05.11.2008**

54 Título: **APARATO PARA LLEVAR A CABO UNA DEPOSICIÓN QUÍMICA EN FASE DE VAPOR POR PLASMA Y PROCEDIMIENTO PARA LA FABRICACIÓN DE UNA PREFORMA ÓPTICA.**

30 Prioridad:
01.05.2007 NL 1033783

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
09.03.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
09.03.2012

73 Titular/es:
**DRAKA COMTEQ B.V.
DE BOELELAAN 7
1083 HJ AMSTERDAM, NL**

72 Inventor/es:
**Van Stralen, Mattheus Jacobus Nicolaas;
Milicevic, Igor y
Hartsuiker, Johannes Antoon**

74 Agente/Representante:
Arpe Fernández, Manuel

ES 2 376 133 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

Aparato para llevar a cabo una deposición química en fase de vapor por plasma y procedimiento para la fabricación de una preforma óptica

5 **[0001]** La presente invención se refiere a un aparato para llevar a cabo una deposición química en fase de vapor por plasma, mediante la cual se depositan una o más capas de sílice, dopado o sin dopar, en el interior de un tubo de sustrato de vidrio hueco y alargado, incluyendo dicho aparato un resonador con una cavidad resonante cuya forma es esencialmente cilíndrica, dispuesta simétricamente alrededor de un eje de cilindro, colocándose a lo largo de dicho eje el tubo de sustrato, teniendo dicha cavidad resonante una forma sustancialmente anular, con una pared interior cilíndrica y una pared exterior cilíndrica, incluyendo dicha pared interior cilíndrica una hendidura que se extiende a lo largo de al menos parte de una circunferencia alrededor de dicho eje de cilindro, extendiéndose una guía de microondas a través de dicha cavidad resonante de modo que las microondas puedan salir a la cavidad circunscrita por la pared cilíndrica interior a través de dicha hendidura, rodeando el resonador al menos parte del tubo de sustrato, pudiendo desplazarse hacia atrás y hacia delante a lo largo del eje longitudinal del tubo de sustrato. La presente invención también se refiere a un procedimiento de fabricación de una preforma óptica mediante una deposición química en fase de vapor por plasma, en la que los gases dopados o sin dopar para el proceso de conformación del vidrio se hacen pasar a través del interior de un tubo de sustrato alargado de vidrio, al mismo tiempo que en el interior del tubo de sustrato se dan las condiciones que permiten que se efectúe la deposición de las capas de cristal en el interior del tubo de sustrato.

20 **[0002]** El documento US 4877938 se refiere a un procedimiento de fabricación de una preforma, en el que un tubo de grafito se fija a los componentes metálicos de un horno para la absorción de la energía de microondas que se genera mediante las fugas procedentes de la cavidad resonante.

25 **[0003]** El documento US 4844007 se refiere a un aparato para dotar de capas de vidrio al interior de un tubo de sustrato, en el que la parte interior de un resonador está equipada con una capa de material reflectante para el aislamiento del calor y/o la reflexión del calor, para conseguir de este modo una distribución del calor más uniforme a lo largo del tubo de sustrato.

30 **[0004]** El documento US 2007/0003197, presentado en nombre del solicitante, hace referencia a un procedimiento y a un aparato para la fabricación de preformas ópticas, en el cual un tubo protector rodea un tubo de sustrato sustancialmente a lo largo de toda su longitud, a fin de crear condiciones de plasma en el espacio anular formado entre el tubo de sustrato y el tubo protector, con la finalidad de que el tubo de sustrato se colapse para formar una barra sólida.

[0005] El documento EP 0554845 se refiere a un procedimiento y a un aparato para la deposición de vidrio en el exterior de preformas sólidas, en el que se dispone un tubo protector a lo largo de toda la preforma sólida, y un horno rodea el conjunto formado por el tubo protector y la preforma sólida, disponiendo dicho horno de un resonador que puede desplazarse a lo largo de una parte de la longitud del tubo protector.

35 **[0006]** Se conoce un aparato para la fabricación de fibras ópticas gracias a la patente US 6260610, presentada en nombre del solicitante, pudiendo utilizarse dicho aparato en dicho contexto para la fabricación de una de las denominadas barras preformadas, por ejemplo, a partir de la cual pueda crearse una fibra óptica. De acuerdo con un procedimiento conocido de fabricación de dicha preforma, en un tubo de sustrato recto vítreo (por ejemplo, compuesto de cuarzo) se efectúa la deposición de capas de sílice dopado (por ejemplo, sílice dopado con germanio) en la superficie cilíndrica interior del mismo. El término "sílice", tal y como se utiliza en el presente documento, se considera como cualquier sustancia de la fórmula SiO_x , estequiométrica o no estequiométrica, cristalina o amorfa. Esto puede conseguirse situando el tubo de sustrato a lo largo del eje de cilindro de la cavidad resonante y descargando en el interior del tubo una mezcla gaseosa que comprenda O_2 , SiSi_4 y GeCl_2 (por ejemplo). Se genera simultáneamente un plasma localizado en el interior de la cavidad, provocando la reacción del Si, O y Ge de forma que se efectúe la deposición directa, por ejemplo, de SiO_x dopado con Ge en la superficie interior del tubo de sustrato. Teniendo en cuenta que dicha deposición tan sólo se produce en, y en las proximidades del plasma localizado, la cavidad resonante (y por tanto, el plasma) deben barrerse a lo largo del eje de cilindro del tubo, a fin de efectuar uniformemente la deposición en toda la longitud de la superficie interior del tubo de sustrato hueco. Cuando se ha completado el revestimiento, el tubo de sustrato se colapsa térmicamente formando una barra sólida con una porción de núcleo de sílice dopado con Ge y alrededor una porción de revestimiento de sílice sin dopar. Si uno de los extremos de la barra sólida se calienta hasta fundirse, puede fabricarse por estirado una delgada fibra de vidrio a partir de la barra sólida, revistiéndose normalmente dicha barra sólida una o más veces, y pudiendo posteriormente enrollarse en una bobina; dicha fibra tendrá entonces una porción de núcleo y una porción de revestimiento que se corresponderán con las de la barra sólida. Debido a que el núcleo dopado con Ge tiene un índice de refracción más elevado que el del revestimiento sin dopar, la fibra puede funcionar como una guía de ondas, por ejemplo, para ser utilizada en la propagación de señales ópticas de telecomunicaciones. Debe observarse que la mezcla gaseosa descargada en el interior del tubo de sustrato también puede contener otros componentes; la adición de C_2F_6 , por ejemplo, tiene como resultado una reducción del índice de refracción del sílice dopado. También debe observarse que la barra de preforma puede estar revestida exteriormente con una capa adicional de vidrio, por ejemplo sílice, mediante un proceso de deposición, o mediante la inserción de la barra de preforma en uno de los denominados

tubos de revestimiento (formado por sílice sin dopar) con anterioridad al procedimiento de estirado, para incrementar de este modo la cantidad de gel de sílice sin dopar con respecto a la cantidad de sílice dopado que contiene la fibra final.

5 **[0007]** La utilización de dicha fibra óptica en aplicaciones de telecomunicaciones requiere que la fibra óptica se encuentre sustancialmente exenta de defectos (por ejemplo, discrepancias en el porcentaje de dopantes, forma elíptica no deseable de la sección transversal y similares), ya que cuando se producen en una gran longitud de fibra óptica, dichos defectos pueden provocar una importante atenuación de la señal que está transportándose. Por lo tanto, es importante conseguir un proceso de PCVD muy uniforme y reproducible, ya que la calidad de las capas de PCVD depositadas será lo que en último término determine la calidad de las fibras; de este modo, es deseable que el plasma generado en la cavidad resonante sea uniforme (alrededor del eje de cilindro de la cavidad). Por otra parte, los costes del proceso de producción de un fibra óptica se reducirán de forma significativa si se puede dotar a la barra de preforma de un mayor diámetro, ya que entonces pueden obtenerse fibras de mayor tamaño a partir de una sola barra. No obstante, estos dos objetivos resultan difíciles de conciliar, ya que un mayor diámetro del tubo de sustrato conllevará, por lo general, un plasma con una simetría rotacional deficiente; además, dicho plasma sólo podrá generarse utilizando una potencia de microondas mucho más elevada.

10 **[0008]** Los inventores de la presente invención han observado que pueden introducirse partículas en el resonador, por ejemplo, diminutas partículas de cuarzo procedentes del tubo de sustrato, cuando dicho tubo de sustrato se encuentra situado en el aparato en el que va a efectuarse la deposición química en fase de vapor por plasma. Además, las partículas procedentes del material aislante del horno, en cuyo interior se encuentra situado el resonador, pueden introducirse en el resonador por los extremos del mismo. Cuando dichas partículas se encuentran presentes en el interior del resonador, esta presencia puede provocar un cortocircuito, o lo que es lo mismo, una descarga no recomendable durante la creación de las condiciones de plasma, lo que causa daños en el resonador. Adicionalmente, debe detenerse el proceso de deposición, lo que no resulta deseable.

20 **[0009]** Asimismo, los inventores han observado que también pueden salir del resonador partículas metálicas durante el proceso de deposición del plasma, encontrando posteriormente una salida hacia la superficie exterior del tubo de sustrato. Dichas partículas metálicas no sólo son peligrosas para el tubo de sustrato, sino que también provocan un efecto adverso sobre el funcionamiento del resonador, como resultado de lo cual el proceso de deposición química en fase de vapor por plasma puede pasar a ser inestable. Además, la presencia de diminutas partículas metálicas en una fibra óptica provoca elevadas atenuaciones en la fibra para determinadas longitudes de onda, lo cual no resulta deseable.

25 **[0010]** Por lo tanto, el objeto de la presente invención consiste en proporcionar un aparato para llevar a cabo la deposición química en fase de vapor por plasma mediante el cual puedan reducirse al mínimo los problemas que acaban de describirse.

30 **[0011]** Otro de los objetos de la presente invención consiste en proporcionar un aparato para llevar a cabo la deposición química en fase de vapor por plasma, en el cual pueda colocarse el tubo de sustrato con precisión y de forma reproducible en el espacio delimitado por el resonador.

35 **[0012]** Otro de los objetos de la presente invención consiste en proporcionar un aparato para llevar a cabo la deposición química en fase de vapor por plasma, que permita un control preciso de la temperatura del tubo de sustrato durante el proceso de deposición.

40 **[0013]** La invención, de acuerdo con lo indicado en la introducción, se caracteriza por el hecho de que un tubo interior hueco se encuentra situado de forma muy ajustada contra la pared cilíndrica interior de la cavidad resonante, extendiéndose dicho tubo interior a lo largo del eje de cilindro, al menos a lo largo de una parte de la longitud de la cavidad resonante; dicho tubo interior es transparente a microondas y tiene un diámetro tal que el tubo de sustrato puede colocarse en el interior del tubo interior.

45 **[0014]** Uno o más de los objetos precedentes se consigue mediante la utilización de la presente invención. Concretamente, la presencia del tubo interior impide que las partículas se depositen en la superficie exterior del tubo de sustrato de vidrio alargado. De este modo, se impide un posible cortocircuito, también denominado descarga, entre el tubo de sustrato y el resonador. Además, se impide que se adhieran partículas a la superficie exterior del tubo de sustrato. Asimismo, como resultado de la utilización del presente tubo interior, no se producirá ninguna contaminación no deseable del tubo de sustrato. Dichas partículas no resultan deseables porque influyen en la temperatura del tubo de sustrato y, en menor medida, afectan a la distribución de las microondas. Por otra parte, la operación de contracción térmica, mediante la cual el tubo hueco de sustrato pasa a adoptar la forma de una barra sólida, también denominado el proceso de colapsado, y la posterior operación de estiramiento en la torre de estiramiento se verán adversamente afectados, y una fibra que incluya las partículas anteriormente mencionadas presentará una mayor atenuación. Debido a la especial construcción del tubo interior y del resonador, el tubo interior se desplazará al mismo tiempo que el resonador durante el movimiento de vaivén del resonador a través del tubo de sustrato. De este modo, el tubo interior puede considerarse como fijo en relación con el resonador. Esto significa que no pueden depositarse partículas en la superficie exterior del sustrato de vidrio alargado durante el movimiento oscilante del resonador.

[0015] El tubo interior de la presente invención está configurado de tal manera que se extiende preferiblemente a lo largo del eje de cilindro hacia el exterior del resonador. El tubo interior se encuentra preferiblemente conectado al resonador de tal forma que el tubo interior pueda desplazarse de forma sincronizada con el resonador a lo largo del eje longitudinal del tubo de sustrato. Además, la longitud del tubo interior es preferiblemente menor que la longitud del tubo de sustrato, y más concretamente, la longitud máxima del tubo interior es el doble de la longitud del resonador. De este modo, el tubo interior también se extiende por la hendidura de la cavidad resonante. Debido a la transparencia a las microondas del tubo interior, las microondas pueden introducirse por el interior de la cavidad resonante. Para lograr una adecuada colocación radial del tubo de sustrato, el tubo interior está dotado de un anillo interno al menos en uno de sus extremos. Dicho anillo interno debe considerarse como una porción de tubo situada en el interior del tubo interior, concretamente en el extremo del mismo, de forma que el diámetro interno del tubo interior se reduzca en el emplazamiento del anillo interior que acaba de mencionarse. En una realización especial, el tubo interior está dotado de dicho anillo interno en ambos extremos. La diferencia máxima entre el diámetro externo del tubo de sustrato y el diámetro interno del anillo interior es preferiblemente de 3 mm. Con miras a la consecución de una colocación y apoyo adecuados del tubo de sustrato, es preferible que el tubo interior esté dotado de una o más aberturas que se extiendan a lo largo de parte de una circunferencia situado alrededor de la pared del tubo interior. En una realización especial, el diámetro interno del tubo interior varía preferiblemente a lo largo de su longitud.

[0016] La presencia del anillo interno impide que el tubo de sustrato entre en contacto con la pared cilíndrica interior de la cavidad resonante durante la rotación del tubo de sustrato. Un contacto no deseable entre el tubo de sustrato y la cavidad resonante provocaría daños en la superficie exterior del tubo de sustrato, como resultado de lo cual se desprenderían partículas, con lo que también se contaminaría la superficie interior de la cavidad resonante. Además, se depositarían partículas metálicas en el exterior del tubo de sustrato, con el consiguiente cambio de temperatura del tubo de sustrato.

[0017] Para permitir su adaptación a la energía de las microondas, la ranura de la pared cilíndrica de la cavidad resonante se extiende a lo largo de al menos una parte de la circunferencia situada alrededor del eje de cilindro.

[0018] En una realización especial, para impedir que el tubo interior se funda durante el proceso de deposición química en fase de vapor, es preferible que el tubo interior se encuentre dotado de una o más aberturas que se extiendan a lo largo de una parte de una circunferencia alrededor de la pared del tubo interior, concretamente en el caso de que dicha abertura o aberturas se encuentren situadas cerca de la hendidura de la pared cilíndrica interior de la cavidad resonante. Cuando se utilizan dichas aberturas, es posible añadir un gas a las mismas, por ejemplo, nitrógeno o aire, enfriando de este modo el tubo interior e impidiendo, además, que el tubo interior se funda.

[0019] Entre los materiales que resultan adecuados para el tubo interior, ya que dichos materiales han de ser transparentes a las microondas y resistentes a las altas temperaturas, se encuentran el cuarzo o un material cerámico, tales como el óxido de aluminio o el nitruro de boro. Las realizaciones especiales del presente tubo interior se definen en las reivindicaciones dependientes.

[0020] Cabe señalar que el término "guía de microondas", tal y como se utiliza en este documento, tiene un significado muy amplio, y debe interpretarse como referente a todos los medios utilizados para una transmisión eficaz de la energía del microondas desde un elemento de generación (por ejemplo, un klystron o un horno microondas) a la cavidad resonante. Más concretamente, el término comprende medios específicos como una antena, una guía coaxial, una guía de ondas y similares.

[0021] De acuerdo con la presente invención, el procedimiento de fabricación de una fibra óptica se caracteriza porque el proceso PCVD se lleva a cabo en un aparato según la presente invención, de forma que el tubo de sustrato se encuentre situado a lo largo del eje de cilindro y en la pared interior de la cavidad resonante, siendo dicho tubo de sustrato y dicha cavidad esencialmente coaxiales, donde la cavidad resonante se desplaza hacia delante y hacia atrás a lo largo de (al menos una parte) de la longitud del tubo de sustrato. La cavidad resonante y parte del tubo de sustrato se encuentran rodeados por un horno. Dicha aplicación del aparato de PCVD de acuerdo con la presente invención permite fabricar de forma eficaz la barra de preforma, y consigue una barra de preforma en la que los dopantes presentan un elevado grado de simetría rotacional vista en sección transversal, por lo que la fibra óptica resultante presenta un nivel muy bajo de atenuación de la señal.

[0022] Como ya se ha indicado en los párrafos anteriores, la barra de preforma puede insertarse en una funda tubular de sílice con anterioridad al estiramiento de la fibra óptica, y debe considerarse que dicha etapa adicional recae dentro del ámbito de los medios de protección y los procedimientos indicados anteriormente.

[0023] La presente invención también se refiere a un procedimiento de fabricación de una funda tubular para una preforma de una fibra óptica. Una funda tubular consiste en un tubo cilíndrico de sílice (sin dopar), que puede colocarse sobre una barra de preforma de tal forma que dicha barra y dicho tubo sean coaxiales. Un extremo común de la barra y de la funda tubular se funden posteriormente, con lo que el estirado de la fibra se lleva a cabo a partir de dicho extremo común fundido, y el resto de la barra y del tubo irán fundiéndose gradualmente a medida que continúa el proceso de estirado. Teniendo en cuenta que la funda tubular se encuentra situada en el exterior de la porción de revestimiento no dopada de la barra de preforma, dicha funda tubular no precisa tener una elevada

calidad óptica; la utilización de una funda tubular según este procedimiento constituye, por lo tanto, una forma sencilla y poco costosa de añadir sílice extra al exterior de la barra de preforma (aumentando de este modo el espesor de la preforma final, de forma que pueda estirarse a partir de la misma una fibra más larga, que tenga un diámetro específico). De acuerdo con el procedimiento usual, las fundas tubulares se obtienen mediante una deposición de vapor exterior (OVD) para depositar un material de sílice en un tubo de sustrato o mandril de enrollado mediante un proceso de deposición; dicha operación va seguida sustancialmente por una operación de secado, sinterización y tratamiento. La adición de sílice extra a la parte exterior de la barra de preforma también puede efectuarse mediante un proceso de deposición, utilizando partículas de sílice.

[0024] De acuerdo con la presente invención, un procedimiento alternativo de fabricación de una funda tubular para una preforma de una fibra óptica se caracteriza por la utilización del proceso PCVD para aplicar capas de sílice sin dopar sobre la superficie interior de un tubo cilíndrico vítreo, llevándose a cabo dicho proceso PCVD en un aparato según la presente invención, estando situado dicho tubo a lo largo del eje de cilindro y en el interior de la pared interna de la cavidad resonante, siendo dicho tubo y dicha cavidad resonante esencialmente coaxiales, desplazándose la cavidad resonante hacia delante y hacia atrás, a lo largo de la longitud del tubo (o al menos una parte de la misma). El producto final (tubo + sílice depositado) representa la funda tubular requerida.

[0025] Concretamente, debe observarse que cuando se menciona el desplazamiento de la cavidad resonante a lo largo del recorrido del tubo de sustrato o de la funda vítrea, ha de entenderse que dicho movimiento es un movimiento relativo, es decir que en la práctica, pueden desplazarse la cavidad resonante o el sustrato, mientras se produce un movimiento relativo de ambos (a lo largo del eje de cilindro común de los mismos). Sin embargo, el tubo interior debe considerarse como estacionario en relación con la cavidad resonante.

[0026] A continuación se explicará en mayor detalle la presente invención haciendo referencia a dos figuras, en relación con las cuales, sin embargo, ha de señalarse que la presente invención no se limita a dichas realizaciones especiales.

[0027] La figura 1 es una vista en sección transversal de una parte del aparato de PCVD según la presente invención.

[0028] La figura 2 es una vista en perspectiva de un tubo interior de acuerdo con la presente invención.

Realización

[0029] La figura 1 es una vista en sección transversal de una parte del aparato de PCVD según la presente invención. El aparato 1 comprende una guía de microondas alargada 3, que se encuentra conectada a un klystron (no mostrado) en una cavidad resonante 5, que se extiende de forma circular y simétricamente alrededor de un eje de cilindro 7. La cavidad resonante 5 se desplaza hacia delante y hacia atrás a lo largo del eje de cilindro 7 durante el proceso de deposición, de forma que la zona de plasma se desplace continuamente a lo largo de la longitud del tubo de sustrato (no mostrado). La cavidad resonante 5 tiene una forma esencialmente anular, con una pared interior cilíndrica 9 y una pared cilíndrica exterior 11. La pared cilíndrica interior 9 comprende una hendidura 13, la cual (en esta realización) se extiende formado una circunferencia completa alrededor del eje de cilindro 7 (en un plano perpendicular al plano de la figura). La guía de microondas 3 tiene un eje (central) longitudinal 15, que se extiende de forma sustancialmente perpendicular al eje de cilindro 7. Dicho eje longitudinal 15 y dicha hendidura 13 están escalonados entre sí, de tal forma que el eje 15 no biseque la hendidura 13. La cavidad resonante 5 se encuentra rodeada por un horno (no mostrado), de tipo estacionario, es decir, que no se desplaza a lo largo del eje de cilindro 7.

[0030] La figura 1 muestra esquemáticamente un tubo interior 2, extendiéndose dicho tubo interior 2 a lo largo del eje de cilindro 7 hacia el exterior del resonador 8. El tubo interior 2 se encuentra colocado muy ajustadamente contra la pared cilíndrica interior 9 de la cavidad resonante 5, se puede situar un tubo de sustrato (no mostrado) en el espacio cilíndrico 4 circunscrito por la pared cilíndrica interior 9. Para centrar el tubo de sustrato en el interior del tubo interior 2, el tubo interior 2 está dotado de un anillo interno 6 en uno de sus extremos, pudiéndose observar en relación con ello que también puede incluirse un anillo interno 6 similar e el otro extremo del tubo interior 2. Dicho anillo interno 6 se encarga de reducir el diámetro interior del tubo interior 2 en el lugar correspondiente al anillo interno 6, donde dicho anillo interno 6 se apoya en la pared interior del tubo interior 2. En una realización especial de la presente invención también es posible dotar al tubo interior 2 de un anillo interior 6 en diversas posiciones longitudinales del mismo. Además, es posible modificar el diámetro interior del tubo interior 2 a lo largo de la longitud del mismo.

[0031] La cavidad resonante 5 tiene una longitud L paralela al eje de cilindro 7, mientras que W indica la anchura de la hendidura 13 (medida en la misma dirección). Como se indica aquí, el eje longitudinal 15 de la guía 3 está desplazado hacia uno de los lados, de forma que no biseque la cavidad resonante 5, es decir, que la distancia entre el eje 15 y cada uno de los extremos 19, 21 de la cavidad resonante 6, medida en una dirección paralela al eje 7, no sea L/2.

[0032] Como se indica en este documento, la guía 3 está cerrada por un cuerpo 17 que es transparente a las microondas en la región en que la guía 3 se extiende por el interior de la cavidad resonante 5; dicho cuerpo 17 puede adoptar la forma de un "tapón" de TEFLON (poli-tetrafluoroetileno).

5 **[0033]** Una cavidad cilíndrica 4 con un diámetro D, que tiene un extremo abierto, se encuentra presente en el interior de la pared interna 9 de la cavidad resonante 5, y se extiende a lo largo del eje de cilindro 7. Puede colocarse en su interior un tubo de sustrato (no mostrado) e insertarse a lo largo de dicha cavidad 4.

10 **[0034]** En la figura 2 se muestra una vista en perspectiva del tubo interior 2 mostrado en la figura 1, en la que el tubo interior 2 está equipado con un anillo interno 6 en uno de sus extremos. Adicionalmente, el tubo interior 2 está dotado de dos aberturas 18, que se extienden a lo largo de una parte de una circunferencia que rodea la pared del tubo interior 2. Concretamente, es deseable que en la posición en la que el tubo interior 2 se inserta en el resonador 8, las aberturas 18 se encuentren situadas cerca de la hendidura 13 de la pared cilíndrica interior 9. Las aberturas anteriores 18 sirven concretamente para controlar la temperatura del tubo interior 2 a lo largo del proceso PCVD, concretamente suministrando un gas, para lo cual puede utilizarse aire comprimido. El tubo de sustrato también puede refrigerarse durante el proceso de deposición, en cuyo caso puede efectuarse el suministro del medio refrigerante a través de la guía de microondas 3.

15 **[0035]** Mediante la utilización de este tubo interior, los inventores consiguieron que las partículas no deseadas no pudieran depositarse en la superficie exterior del tubo de sustrato. Adicionalmente, la utilización del tubo interior excluye la posibilidad de contacto entre el tubo de sustrato y el resonador. Otra ventaja adicional la constituye el hecho de que la utilización de este tubo interior permite mantener la incorporación de cloro en las capas de vidrio obtenidas mediante el proceso de deposición a unos niveles suficientemente bajos, lo que reviste una especial importancia, ya que la presencia de cloro durante el posterior proceso de colapsado, en el que el tubo de sustrato hueco se convierte en una preforma sólida, puede implicar la formación de burbujas de cloro, lo que ejercerá un efecto adverso sobre la calidad de la preforma sólida. Además, la utilización del tubo interior de la presente invención permite una distribución de temperaturas más reproducible y estable en el tubo de sustrato, en comparación con un aparato en el que se utilice un tubo de sustrato que no esté dotado de un tubo interior, ya que dicha distribución de temperaturas tiene un efecto ventajoso sobre el proceso de deposición que tiene lugar en el interior del tubo de sustrato hueco. Adicionalmente, puede afirmarse que se ha demostrado que la presencia de uno o más anillos internos tiene un efecto ventajoso sobre el centrado del tubo de sustrato en el resonador, impidiendo que el tubo de sustrato se doble de forma no deseada a altas temperaturas. Además, una selección adecuada de la composición del tubo interior impedirá que el tubo interior se funda a unos elevados niveles de potencia de plasma y unas altas tasas de deposición.

20

25

30

REIVINDICACIONES

1. Aparato para (1) llevar a cabo un proceso de deposición química en fase de vapor por plasma, mediante la cual se depositan una o más capas de sílice, dopado o sin dopar, en el interior de un tubo de sustrato de vidrio hueco y alargado, incluyendo dicho aparato un resonador (8) con una cavidad resonante (5) con una forma esencialmente cilíndrica, dispuesta simétricamente alrededor de un eje de cilindro (7), situándose el tubo de sustrato (2) a lo largo de dicho eje, teniendo dicha cavidad resonante (5) una forma sustancialmente anular, con una pared interior cilíndrica (9) y una pared exterior cilíndrica (11), incluyendo dicha pared interior cilíndrica (9) una hendidura (13) que se extiende a lo largo de al menos parte de una circunferencia situado alrededor de dicho eje de cilindro (7), en cuya cavidad resonante (3) se extiende una guía de microondas de forma que las microondas (3) puedan salir a la cavidad circunscrita por la pared cilíndrica interior (9) a través de dicha hendidura (13), rodeando el resonador (8) al menos parte del tubo de sustrato, pudiendo desplazarse hacia atrás y hacia delante a lo largo del eje longitudinal (15) del tubo de sustrato, **caracterizado porque** un tubo interior hueco (2) transparente a las microondas se apoya ajustadamente contra la pared interior cilíndrica (9) de la cavidad resonante (5) extendiéndose dicho tubo interior (2) a lo largo del eje de cilindro (7) al menos a lo largo de una parte de la longitud de la cavidad resonante (5), teniendo dicho tubo interior (2) un diámetro tal que dicho tubo de sustrato pueda colocarse dentro del tubo interior.
2. Aparato (1) de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** el tubo interior (2) se extiende a lo largo del eje de cilindro (7) hacia el exterior del resonador (8).
3. Aparato (1) de acuerdo con una o más de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** el tubo interior (2) se encuentra conectado al resonador (8) de tal forma que el tubo interior puede desplazarse de forma sincronizada con el resonador a lo largo del eje longitudinal (15) del tubo de sustrato.
4. Aparato (1) de acuerdo con una o más de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** la longitud del tubo interior (2) es inferior a la longitud del tubo de sustrato.
5. Aparato (1) de acuerdo con una o más de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** la longitud máxima del tubo interior (2) es el doble de la longitud del resonador (8).
6. Aparato (1) de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** el tubo interior (2) está provisto en uno de sus extremos de un anillo interno (6).
7. Aparato (1) de acuerdo con la reivindicación 6, **caracterizado porque** el tubo interior (2) está provisto con dicho anillo interno (6) en ambos extremos.
8. Aparato (1) de acuerdo con las reivindicaciones 6 y 7, **caracterizado porque** la diferencia máxima entre el diámetro externo del tubo de sustrato y el diámetro interior del anillo interno es de 3 mm.
9. Aparato (1) de acuerdo con una o más de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** el tubo interior (2) está dotado de una o más aberturas (18) que se extienden a lo largo de parte de una circunferencia que rodea la pared (9) del tubo interior (2).
10. Aparato (1) de acuerdo con la reivindicación 9, **caracterizado porque** dicha abertura o aberturas (18) se encuentran situadas cerca de la hendidura (13) situada en la pared cilíndrica interior (9) de la cavidad resonante (5).
11. Aparato (1) de acuerdo con una o más de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** la guía de microondas (3) esta equipada con medios para suministro de un gas en el interior del espacio delimitado por la pared cilíndrica interior (9) de la cavidad resonante (5) y el tubo interior (2).
12. Aparato (1) de acuerdo con una o más de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** la hendidura (13) de la pared cilíndrica de la cavidad resonante (5) se extiende formando una circunferencia completo alrededor del eje de cilindro (7), estando interrumpido parte de dicho círculo, mediante un elemento de apantallado.
13. Aparato (1) de acuerdo con una o más de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** el tubo interior (3) está fabricado en cristal de cuarzo, con un punto de fusión superior a 1000 °C.
14. Aparato (1) de acuerdo con una o más de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** el diámetro interno del tubo interior (2) varía a lo largo de la longitud del mismo.
15. Procedimiento para fabricación de una preforma óptica mediante una deposición química en fase de vapor por plasma, en la que los gases dopados o sin dopar para el proceso de conformación del vidrio se hacen pasar a través del interior de un tubo de sustrato alargado de vidrio, al mismo tiempo que en el interior del tubo de sustrato se dan las condiciones que permiten que se efectúe la deposición para formar las capas de vidrio, utilizando un aparato (1) según una o más de las reivindicaciones precedentes.

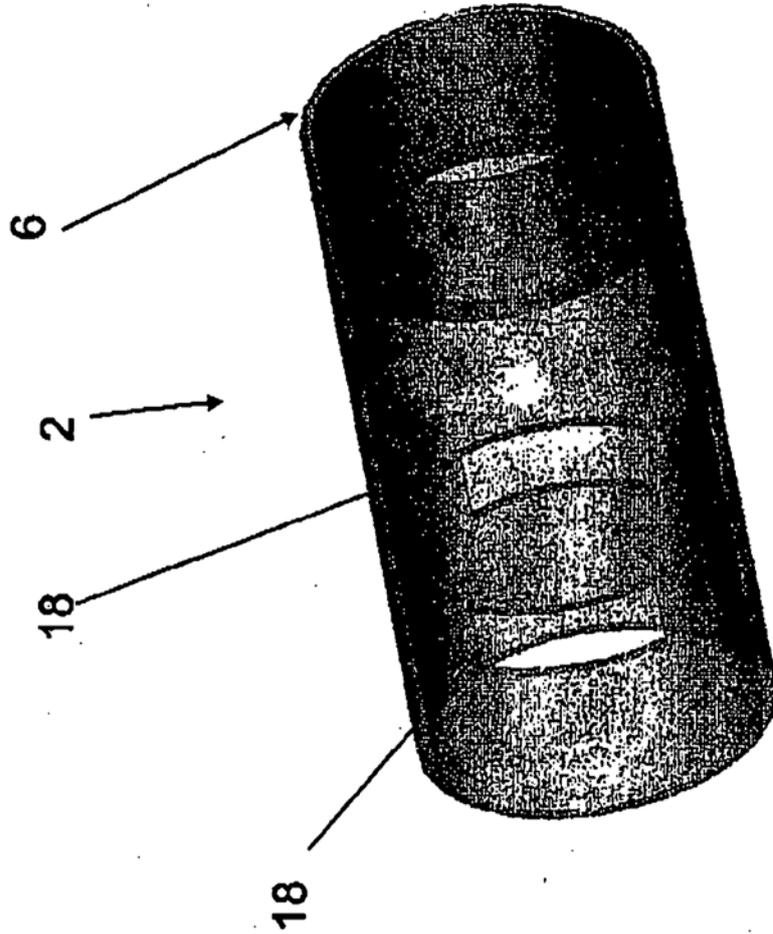


Figura 2

REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

5 La lista de referencias citada por el solicitante lo es solamente para utilidad del lector, no formando parte de los documentos de patente europeos. Aún cuando las referencias han sido cuidadosamente recopiladas, no pueden excluirse errores u omisiones y la OEP rechaza toda responsabilidad a este respecto.

Documentos de patente citados en la descripción

- US 4877938 A [0002]
- US 4844007 A [0003]
- US 20070003197 A [0004]
- EP 0554845 A [0005]
- US 6260610 B [0006]

10