

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 646 945**

51 Int. Cl.:

C03B 37/018 (2006.01)

C23C 16/01 (2006.01)

C23C 16/40 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.06.2014 PCT/NL2014/050357**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.01.2015 WO15002530**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.06.2014 E 14732648 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.08.2017 EP 3016915**

54 Título: **Proceso para deposición asistida por plasma con eliminación del tubo de substrato**

30 Prioridad:

01.07.2013 NL 2011075

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
18.12.2017

73 Titular/es:

**DRAKA COMTEQ BV (100.0%)
De Boelelaan 7
1083 HJ Amsterdam, NL**

72 Inventor/es:

**MILICEVIC, IGOR;
HARTSUIKER, JOHANNES ANTOON;
VAN STRALEN, MATTHEUS JACOBUS
NICOLAAS y
KRABSHUIS, GERTJAN**

74 Agente/Representante:

ARPE FERNÁNDEZ, Manuel

ES 2 646 945 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

Proceso para deposición asistida por plasma con eliminación del tubo de sustrato

- 5 **[0001]** La presente invención se refiere a un procedimiento para fabricar un precursor para una preforma primaria para fibras ópticas por medio de un proceso de deposición interna asistida por plasma tal como un proceso de deposición química en fase de vapor asistida por plasma (PCVD) interna. La presente invención se refiere además a un procedimiento para fabricar una preforma primaria para fibras ópticas por medio de un proceso de deposición interna asistida por plasma.
- 10 **[0002]** La presente invención se refiere al campo de las fibras ópticas. Más específicamente, se refiere al campo de la fabricación de fibras ópticas mediante deposición química en fase de vapor. Existen varios tipos de deposición química en fase de vapor (CVD) conocidas, tales como deposición externa en fase de vapor (OVD), deposición axial en fase de vapor (VAD), deposición química en fase de vapor modificada (MDVD) y deposición química en fase de vapor mejorada asistida por plasma (PECVD o PCVD). La deposición química en fase de vapor asistida por plasma (PECVD o PCVD) es un proceso utilizado para depositar sobre un sustrato películas delgadas a partir de un estado gaseoso (vapor) hasta un estado sólido. Durante el proceso están involucradas reacciones químicas que ocurren después de la creación de un plasma de los gases reactivos.
- 15 **[0003]** Generalmente, en el campo de las fibras ópticas, se depositan múltiples películas finas de vidrio sobre la superficie interior de un tubo de sustrato. El tubo de sustrato es hueco para permitir la deposición interna. El tubo de sustrato puede ser de vidrio, preferiblemente vidrio de cuarzo (SiO_2). Los gases de formación de vidrio (a saber, gases reactivos que comprenden gases para la formación de vidrio y opcionalmente precursores de dopantes) se introducen en el interior del tubo de sustrato desde un extremo (denominado como "lado de suministro" del tubo de sustrato). Las capas de vidrio dopado o sin dopar (dependiendo del uso de gases reactivos con o sin uno o más precursores de dopantes, respectivamente) se depositan en la superficie interior del tubo de sustrato. Los gases restantes se descargan o eliminan a partir del otro extremo del tubo de sustrato; este se llama el "lado de descarga" del tubo de sustrato. La eliminación se lleva a cabo opcionalmente por medio de una bomba de vacío. La bomba de vacío tiene el efecto de generar una presión reducida en el interior del tubo de sustrato, cuya presión reducida generalmente comprende un valor de presión que oscila entre 5 y 50 milibares.
- 20 **[0004]** Generalmente, el plasma se induce, utilizando radiación electromagnética, verbigracia microondas. Generalmente, la radiación electromagnética de un generador se dirige hacia un aplicador a través de una guía de ondas, que la aplica alrededor del tubo de sustrato. El aplicador acopla la energía electromagnética a un plasma que se genera dentro del tubo de sustrato. El aplicador es desplazado de manera recíproca en la dirección longitudinal del tubo de sustrato. Por lo tanto, el plasma formado, también llamada "zona de reacción de plasma", también se mueve recíprocamente. Como resultado de este movimiento, una fina capa de sílice vitrificada se deposita en el interior del tubo de sustrato con cada pasada o carrera.
- 25 **[0005]** Durante el proceso de deposición de plasma, el aplicador y el tubo de sustrato están generalmente rodeados por un horno para mantener el tubo de sustrato a una temperatura de entre 900°C y 1300°C .
- 30 **[0006]** De este modo, el aplicador se desplaza en traslación a lo largo del tubo de sustrato dentro de los límites de un horno que rodea el tubo de sustrato y desplazándose el aplicador alternativamente dentro del horno. Con este movimiento de traslación del aplicador, el plasma también se mueve en la misma dirección. Cuando el aplicador alcanza la pared interna del horno cerca de un extremo del tubo de sustrato, el movimiento del aplicador se invierte para que se desplace hacia el otro extremo del tubo de sustrato hacia la otra pared interna del horno. El aplicador y, por lo tanto, el plasma, recorre un movimiento de vaivén a lo largo del tubo de sustrato. Cada movimiento de ida y vuelta se denomina "pasada" o "carrera". Con cada pasada se deposita una fina capa de material de sílice vitrificado en el interior del tubo de sustrato.
- 35 **[0007]** Este plasma produce la reacción de los gases de formación de vidrio (por ejemplo, O_2 , SiCl_4 y, por ejemplo, un precursor de un dopante, tal como GeCl_4 u otros gases) que se suministran al interior del tubo de sustrato. La reacción de los gases de formación de vidrio permite la reacción de Si (silicio), O (oxígeno) y por ejemplo el Ge (germanio) dopante para efectuar así la deposición directa de, por ejemplo, SiO_x dopado con Ge sobre la superficie interna del tubo de sustrato.
- 40 **[0008]** Normalmente, un plasma se genera solo en una parte del tubo de sustrato, es decir, la parte que está rodeada por el aplicador. Las dimensiones del aplicador son más pequeñas que las dimensiones del horno y del tubo de sustrato. Solo en la posición del plasma, los gases reactivos se convierten en vidrio sólido y se depositan en la superficie interna del tubo de sustrato. Dado que la zona de reacción del plasma se desplaza a lo largo del tubo de sustrato, el vidrio se deposita más o menos uniformemente a lo largo del tubo de sustrato.
- 45 **[0009]** Cuando aumenta el número de pasadas, aumenta el grosor acumulado de estas películas delgadas, es decir, del material depositado; lo que conduce a una disminución en el diámetro interno restante del tubo de sustrato. En otras palabras, con cada pasada el espacio hueco dentro del tubo de sustrato se hace cada vez más pequeño.
- 50 **[0010]** Después de que las capas de sílice vitrificada se hayan depositado en el interior del tubo de sustrato, dicho tubo de sustrato es contraído posteriormente calentando en una varilla sólida ("colapsado"). La varilla sólida resultante se llama preforma primaria. En una realización especial, la varilla maciza o preforma primaria también puede ser provista externamente de una cantidad adicional de vidrio, por ejemplo, mediante un proceso de deposición en fase de vapor externa o sobre revestimiento de vidrio directo (denominado " sobre
- 55
- 60
- 65

revestimiento") o usando uno o más tubos de vidrio preformados (denominado "encamisado"), obteniendo así una preforma compuesta llamada preforma final. A partir de la preforma final producida de este modo, un extremo de la cual se calienta, las fibras ópticas se obtienen mediante estirado en una torre de estirado. El perfil de índice de refracción de la preforma consolidada (final) corresponde al perfil de índice de refracción de la fibra óptica estirada a partir de dicha preforma.

[0011] Se conoce una manera de fabricar una preforma óptica por medio de un proceso de PCVD a partir de la patente US N° 4.314.833. De acuerdo con el proceso que se conoce a partir de ese documento, una o más capas de vidrio dopado o sin dopar se depositan en el interior de un tubo de sustrato, utilizando un plasma a baja presión en el tubo de sustrato.

[0012] De acuerdo con la solicitud internacional WO99/35304, microondas procedentes de un generador de microondas se dirigen hacia un aplicador a través de una guía de ondas, cuyo aplicador rodea un tubo de sustrato. El aplicador acopla la energía de alta frecuencia en el plasma.

[0013] El tubo de sustrato se encuentra incorporado en la fibra óptica producida. Las capas de vidrio depositadas en el interior del tubo de sustrato hueco, el propio tubo de sustrato hueco y las capas de vidrio depositadas en el exterior del tubo de sustrato hueco o de la preforma primaria se incorporan en la preforma final resultante y después del estirado están presentes en la fibra óptica producida.

[0014] Ejemplos de documentos de la técnica anterior que divulgan el proceso de sobre revestimiento son como sigue. En cada uno de estos documentos, el tubo de sustrato está incorporado en la preforma final.

[0015] El documento EP 0554845 proporciona un procedimiento de sobre revestimiento en el que se evita la deposición de vidrio en el interior de un tubo de sustrato hueco.

[0016] El documento US 6.988.380 describe un procedimiento de PCVD para sobre revestimiento en el que se evita la deposición de vidrio en el interior del tubo de sustrato hueco.

[0017] Una desventaja de incorporar el tubo de sustrato en la fibra óptica producida es que se requieren tubos de sustrato de alta calidad que también tengan una alta tolerancia a la temperatura y una buena adhesión al material de vidrio depositado. Por esta razón, en la técnica anterior a menudo se utiliza un tubo de sustrato de vidrio de cuarzo.

[0018] Sin embargo, los presentes inventores han observado que la pureza de dichos tubos de cuarzo disponibles comercialmente no siempre es suficiente. Además, las propiedades geométricas generales de estos tubos no siempre son satisfactorias.

[0019] Otra desventaja de incorporar el tubo de sustrato en la fibra óptica producida, es la limitación en los perfiles de índice de refracción de las fibras ópticas que se producen. Si, por ejemplo, se desea una fibra óptica que tenga una zanja deprimida (es decir, un índice de refracción negativo con respecto al de la sílice) directamente rodeada por un revestimiento óptico externo deprimido, esto requeriría un tubo sustrato con una diferencia de índice de refracción negativa con respecto al de la sílice. Esto puede, por ejemplo, obtenerse utilizando un tubo de sustrato de sílice dopado con flúor. Sin embargo, estos tubos son difíciles de producir y muy costosos. Además, son más blandos que los tubos de sustrato de sílice sin dopar, por lo que son más difíciles de usar en los procesos de deposición y más propensos a la rotura y deformación durante el proceso.

[0020] Si, por otro lado, se desea un perfil de fibra óptica que tenga un revestimiento óptico externo con un perfil de índice de refracción positivo con respecto a la sílice, se requiere un tubo de sustrato de sílice dopado (por ejemplo, dopado con germanio). Tal tubo es difícil de producir, muy costoso y, además, casi imposible de procesar mediante las técnicas estándar actuales.

[0021] Por lo tanto, existe la necesidad de una solución alternativa al problema anterior.

[0022] Es un objeto de la presente invención proporcionar un procedimiento para fabricar una preforma para fibras ópticas que permita una mayor flexibilidad en el índice de refracción de la preforma final.

[0023] Es otro objeto de la presente invención proporcionar un proceso que elimine la utilización de tubos de sustrato de alta calidad.

[0024] Es otro objeto de la presente invención proporcionar un proceso que permita utilizar tubos de sustrato que no sean de cuarzo.

[0025] Uno o más de estos objetos se alcanza mediante la presente invención.

Sumario de la invención

[0026] La presente invención se refiere, en un primer aspecto, a un procedimiento para fabricar una preforma principal primaria precursora para fibras ópticas por medio de un proceso de deposición interna asistida por plasma. Durante este proceso, el tubo de sustrato se elimina de las capas depositadas en su interior.

[0027] Este proceso de acuerdo con un primer aspecto de la presente invención comprende las etapas de:

i) proporcionar un tubo de sustrato hueco;

ii) crear en el interior de dicho tubo de sustrato hueco, una primera zona de reacción de plasma que tiene primeras condiciones de reacción por medio de radiación electromagnética para efectuar la deposición de capas de sílice sin vitrificar sobre la superficie interna de dicho tubo de sustrato hueco, y posteriormente;

iii) crear en el interior de dicho tubo de sustrato hueco, una segunda zona de reacción de plasma que tiene segundas condiciones de reacción por medio de radiación electromagnética para efectuar la deposición de capas de sílice vitrificada sobre las capas de sílice sin vitrificar depositadas en la etapa ii);

iv) eliminar el tubo de sustrato hueco de las capas de sílice vitrificada depositadas en la etapa iii) y de las capas de sílice sin vitrificar depositadas en la etapa ii) para obtener un tubo depositado.

[0028] Dicho tubo depositado es un precursor de una preforma primaria. Dicho tubo depositado es de hecho las

capas de material depositadas dentro de dicho tubo de sustrato pero sin el tubo de sustrato. Dicha preforma primaria se puede obtener mediante colapsado de dicho tubo depositado, ya sea directamente o después de una etapa de proporcionar externamente vidrio extra. Ver también el tercer aspecto a continuación.

[0029] En otro aspecto, el precursor para una preforma primaria obtenido (a saber, el tubo depositado) se utiliza como un tubo de sustrato en un proceso de deposición posterior. En otras palabras, de acuerdo con esta realización, la presente invención se refiere a un nuevo proceso de producción de un tubo de sustrato. Por lo tanto, en este aspecto, el precursor para una preforma primaria es un tubo de sustrato.

[0030] En este aspecto, la presente invención se refiere a un procedimiento para fabricar un tubo de sustrato para fibras ópticas por medio de un proceso de deposición interna asistida por plasma, cuyo procedimiento comprende las etapas de: i) proporcionar un tubo de sustrato hueco; ii) crear en el interior de dicho tubo de sustrato hueco una primera zona de reacción de plasma que tiene primeras condiciones de reacción por medio de radiación electromagnética para efectuar la deposición de capas de sílice sin vitrificar sobre la superficie interna de dicho tubo de sustrato hueco, y; posteriormente iii) crear en el interior de dicho tubo de sustrato hueco una segunda zona de reacción de plasma que tiene segundas condiciones de reacción por medio de radiación electromagnética para efectuar la deposición de capas de sílice vitrificada sobre las capas de sílice sin vitrificar depositadas en la etapa ii); y iv) eliminar el tubo de sustrato hueco de las capas de sílice vitrificada depositadas en la etapa iii) y de las capas de sílice sin vitrificar depositadas en la etapa ii) para obtener un tubo de sustrato.

[0031] En un segundo aspecto, la presente invención se refiere a un procedimiento para eliminar un tubo de sustrato de capas de sílice vitrificada depositadas en su superficie interna por medio de un proceso de deposición interna asistida por plasma. El proceso de este segundo aspecto comprende las etapas i) a iv) anteriores.

[0032] En un tercer aspecto, la presente invención se refiere a un procedimiento para fabricar una preforma primaria para fibras ópticas por medio de un proceso de deposición interna asistida por plasma, cuyo procedimiento comprende las etapas de:

i) proporcionar un tubo de sustrato hueco;
 ii) crear en el interior de dicho tubo de sustrato hueco, una primera zona de reacción de plasma que tiene primeras condiciones de reacción por medio de radiación electromagnética para efectuar la deposición de capas de sílice sin vitrificar sobre la superficie interna de dicho tubo de sustrato hueco, y posteriormente,
 iii) crear en el interior de dicho tubo de sustrato hueco, una segunda zona de reacción de plasma que tiene segundas condiciones de reacción por medio de radiación electromagnética para efectuar la deposición de capas de sílice vitrificada sobre las capas de sílice sin vitrificar depositadas en la etapa ii),
 iv) eliminar el tubo de sustrato hueco de las capas de sílice vitrificada depositadas en la etapa iii) y de las capas de sílice sin vitrificar depositadas en la etapa ii) para obtener un tubo depositado.

v) someter el tubo depositado obtenido en la etapa iv) a un tratamiento de colapsado para conformar una preforma primaria.

[0033] En lo sucesivo, se describen diferentes realizaciones de la presente invención.

[0034] Estas realizaciones son, a menos que se indique lo contrario, aplicables a todos los aspectos de la presente invención.

[0035] En una realización, el tubo de sustrato hueco tiene un lado de suministro y un lado de descarga.

[0036] En otra realización, durante la etapa ii) de depósito de capas de sílice sin vitrificar se suministra un flujo de gas en el interior de dicho tubo de sustrato hueco.

[0037] En otra realización, durante la etapa iii) de depositar capas de sílice vitrificadas se suministra un flujo de gas al interior de dicho tubo de sustrato hueco.

[0038] En otra realización, se suministra un flujo de gas al interior de dicho tubo de sustrato hueco antes de la etapa ii) de deposición de capas de sílice sin vitrificar.

[0039] En otra realización, después de la etapa iii) de depositar capas de sílice vitrificadas se suministra un flujo de gas al interior de dicho tubo de sustrato hueco.

[0040] En otra realización, el flujo de gas se suministra en el interior de dicho tubo de sustrato hueco a través del lado de suministro del mismo.

[0041] En otra realización, el flujo de gas suministrado durante la etapa ii) comprende al menos un gas de formación de vidrio.

[0042] En otra realización, el flujo de gas suministrado durante la etapa iii) comprende al menos un gas de formación de vidrio. Durante esta etapa iii) es posible que la composición del flujo de gas cambie a cada pasada. Esto se revela más detalladamente a continuación.

[0043] En otra realización, el flujo de gas suministrado antes de la etapa ii) comprende oxígeno con el fin de crear condiciones adecuadas para la creación de un plasma.

[0044] En otra realización, el flujo de gas suministrado después de la etapa iii) comprende oxígeno. Este flujo de gas suministrado después de la etapa iii) se utiliza para eliminar del tubo depositado obtenido cualquier residuo y no deseado, por ejemplo gases conteniendo cloro.

[0045] En otra realización, dicha primera zona de reacción se desplaza hacia adelante y hacia atrás a lo largo del eje longitudinal de dicho tubo de sustrato hueco entre un punto de inversión situado próximo al lado de suministro y un punto de inversión situado próximo al lado de descarga de dicho tubo de sustrato hueco. De acuerdo con esta realización, después de la etapa ii) se obtiene un tubo de sustrato que tiene capas de sílice sin vitrificar depositadas sobre su superficie interior.

[0046] En otra realización, dicha segunda zona de reacción se desplaza en vaivén a lo largo del eje longitudinal

de dicho tubo de sustrato hueco entre un punto de inversión situado próximo al lado de suministro y un punto de inversión situado próximo al lado de descarga de dicho tubo de sustrato hueco. De acuerdo con esta realización, después de la etapa iii) se obtiene un tubo de sustrato que tiene capas de sílice sin vitrificar depositadas sobre su superficie interna en la etapa ii) y capas de sílice vitrificadas depositadas sobre las capas sin vitrificar en la etapa iii) en su superficie interna.

[0047] En otra realización, el procedimiento de acuerdo con la presente invención comprende una etapa adicional v) llevada a cabo después de la etapa iv). En esta etapa v) el tubo depositado obtenido en la etapa iv) se somete a un tratamiento de colapsado para formar una preforma primaria.

[0048] En otra realización, el procedimiento de acuerdo con la presente invención comprende una etapa adicional vi). Esta etapa se puede llevar a cabo después de la etapa iv), es decir, en el tubo depositado o después de la etapa v), es decir, en la preforma primaria. Esta etapa vi) se refiere a proporcionar externamente a dicho tubo depositado o dicha preforma primaria una cantidad adicional de vidrio.

[0049] En otra realización, se sigue el siguiente orden de etapas:

i) proporcionar un tubo de sustrato hueco;

ii) crear en el interior de dicho tubo de sustrato hueco una primera zona de reacción de plasma que tiene primeras condiciones de reacción por medio de radiación electromagnética para efectuar la deposición de capas de sílice sin vitrificar sobre la superficie interna de dicho tubo de sustrato hueco, y posteriormente;

iii) crear en el interior de dicho tubo de sustrato hueco una segunda zona de reacción de plasma que tiene segundas condiciones de reacción por medio de radiación electromagnética para efectuar la deposición de capas de sílice vitrificada sobre las capas de sílice sin vitrificar depositadas en la etapa ii);

iv) eliminar el tubo de sustrato hueco de las capas de sílice vitrificada depositadas en la etapa iii) y de las capas de sílice sin vitrificar depositadas en la etapa ii) para obtener un tubo depositado;

v) someter el tubo depositado obtenido en la etapa iv) a un tratamiento de colapsado para formar una preforma primaria;

vi) proporcionar externamente a dicha preforma primaria obtenida en la etapa v) una cantidad adicional de vidrio para obtener una preforma final.

[0050] En otra realización, cuando la etapa vi) se ha llevado a cabo en el tubo depositado obtenido en la etapa iv), la etapa v) se puede llevar a cabo después de la etapa vi). Por lo tanto, en esta realización, el orden de etapas es el siguiente:

i) proporcionar un tubo de sustrato hueco;

ii) crear en el interior de

dicho tubo de sustrato hueco una primera zona de reacción de plasma que tiene primeras condiciones de reacción por medio de radiación electromagnética para efectuar la deposición de capas de sílice sin vitrificar sobre la superficie interna de dicho tubo de sustrato hueco, y posteriormente;

iii) crear en el interior de dicho tubo de sustrato hueco una segunda zona de reacción de plasma que tiene segundas condiciones de reacción por medio de radiación electromagnética para efectuar la deposición de capas de sílice vitrificada sobre las capas de sílice sin vitrificar depositadas en la etapa ii);

iv) eliminar el tubo de sustrato hueco de las capas de sílice vitrificada depositadas en la etapa iii) y de las capas de sílice sin vitrificar depositadas en la etapa ii) para obtener un tubo depositado;

vi) proporcionar externamente sobre dicho tubo depositado obtenido en la etapa iv) una cantidad adicional de vidrio;

v) someter el tubo depositado proporcionado externamente con vidrio obtenido en la etapa vi) a un tratamiento de colapsado para formar una preforma primaria o final.

[0051] En otra realización, durante el paso iv) el tubo de sustrato se elimina mecánicamente. Por lo tanto, en esta realización, el tubo de sustrato se retira mecánicamente.

[0052] En otra realización, las primeras condiciones de reacción comprenden una presión superior a 30 milibares, preferiblemente superior a 40 milibares, más preferiblemente superior a 50 milibares, incluso más preferiblemente superior a 60 milibares.

[0053] En otra realización, las primeras condiciones de reacción comprenden una presión inferior a 1000 milibares, preferiblemente inferior a 800 milibares, más preferiblemente inferior a 600 milibares, incluso más preferiblemente inferior a 400 milibares, o incluso inferior a 200 milibares.

[0054] En otra realización, las segundas condiciones de reacción comprenden una presión de entre 1 y 25 milibares, preferiblemente entre 5 y 20 milibares, más preferiblemente entre 10 y 15 milibares.

[0055] En otra realización, el tubo de sustrato proporcionado en la etapa i) es un tubo de sustrato que no sea de cuarzo, preferiblemente un tubo de sustrato de alúmina.

[0056] En otra realización, en la etapa ii) se depositan entre 1 y 500 capas de sílice sin vitrificar. Dependiendo del tipo de eliminación mecánica utilizada, existen diferentes rangos preferidos para el número de capas de sílice sin vitrificar. Esto se explica con más detalle a continuación.

[0057] En otra realización, las capas de sílice sin vitrificar tienen cada una, independientemente, un espesor de entre 1 y 5 micrómetros, preferiblemente de entre 2 y 3 micrómetros.

[0058] En otra realización, cada una de las capas de sílice sin vitrificar tiene aproximadamente el mismo espesor (es decir, cada capa tiene el mismo espesor con un margen de $\pm 5\%$ entre las capas distintas).

[0059] En otra realización, las capas de sílice sin vitrificar tienen aproximadamente el mismo volumen (es decir, cada capa tiene el mismo volumen con un margen de $\pm 5\%$ entre las capas distintas). Cuando el espacio interior del tubo de sustrato disminuye con el aumento del número de capas depositadas, el espesor de las capas puede aumentar cuando el volumen permanece igual (la reducción de diámetro conduce a una superficie interna

disminuida).

[0060] En otra realización, las capas de sílice sin vitrificar que se depositan en total tienen un espesor de entre 1 y 1000 micrómetros. Dependiendo del tipo de eliminación mecánica utilizada, existen diferentes rangos preferidos para el número de capas de sílice sin vitrificar. Esto se explica con más detalle a continuación. En esta realización, el espesor es el espesor de todas las capas sin vitrificar juntas.

[0061] En otro aspecto, la presente invención se refiere a un procedimiento en el que el precursor para una preforma primaria se utiliza como tubo de sustrato para la fabricación de una preforma primaria por medio de un proceso de deposición interna asistida por plasma. Este proceso de deposición asistida por plasma preferiblemente comprende las etapas de:

a) proporcionar dicho precursor para una preforma primaria; y
 b) crear en el interior de dicho tubo de sustrato hueco una zona de reacción de plasma que tiene condiciones de reacción por medio de radiación electromagnética para efectuar la deposición de capas de sílice vitrificada en la superficie interna de dicho precursor para una preforma primaria proporcionada en la etapa a).

[0062] En una realización, la radiación electromagnética utilizada son microondas.

[0063] La presente invención se analizará con más detalle a continuación.

Definiciones utilizadas en la presente invención

[0064] Las siguientes definiciones se utilizan en la presente descripción y en las reivindicaciones para definir el objeto asunto. Otros términos no citados a continuación tienen el significado generalmente aceptado en el campo técnico. "Tubo de sustrato hueco" como se utiliza en la presente descripción significa: un tubo, preferiblemente alargado, que tiene una cavidad interior. Generalmente, el interior de dicho tubo se proporciona (o recubre) con una pluralidad de capas de vidrio durante la fabricación de una preforma. "Precursor para una preforma primaria" como se utiliza en la presente descripción significa: un producto intermedio que conducirá a una preforma primaria después de una o más etapas de proceso adicionales. "Preforma primaria" como se utiliza en la presente descripción significa: una varilla sólida (preforma sólida) que requiere ser provista externamente de vidrio adicional antes de convertirse en una preforma final. "Preforma final" como se utiliza en la presente descripción significa: una varilla sólida (preforma compuesta sólida) que se utilizará directamente para estirar fibras ópticas a partir de la misma. "Tubo depositado" como se utiliza en la presente descripción significa: un tubo hueco que está constituido por capas de sílice vitrificada depositadas dentro de un tubo de sustrato que se ha eliminado. En otras palabras, el tubo de sustrato ya no está presente en este tubo depositado. "Cavidad" como se utiliza en la presente descripción significa: el espacio rodeado por la pared del tubo de sustrato. "Lado de suministro de gas" o "lado de suministro" como se utiliza en la presente descripción significa: un lado del tubo de sustrato, que es un extremo abierto del tubo de sustrato que se utiliza como entrada para los gases. El lado de suministro es el lado opuesto al lado de descarga. "Lado de descarga de gas" o "lado de descarga" como se utiliza en la presente descripción significa: un lado del tubo de sustrato, que es un extremo abierto del tubo de sustrato que se utiliza como salida para los gases. El lado de descarga es el lado opuesto al lado de suministro. "Superficie interna" como se utiliza en la presente descripción significa: la superficie interior o la superficie interior del tubo de sustrato hueco. "Vidrio" o "material de vidrio" como se utiliza en la presente descripción significa: material de óxido cristalino o vítreo (vítreo) – por ejemplo sílice (SiO_2) o incluso cuarzo - depositado mediante un proceso de deposición en fase de vapor. "Sílice" como se utiliza en la presente descripción significa: cualquier sustancia en forma de SiO_x , sea o no estequiométrica, y sea o no cristalina o amorfa. "Alúmina" como se utiliza en la presente descripción significa: cualquier sustancia en forma de Al_yO_x , en donde Al es aluminio y O es oxígeno, sea estequiométrica o no, y sea o no cristalina o amorfa. "Gases de formación de vidrio" como se utiliza en la presente descripción significa: gases reactivos usados durante el proceso de depósito para formar capas de vidrio. Estos gases de formación de vidrio pueden comprender un precursor para un dopante (por ejemplo, O_2 y SiCl_4 y opcionalmente otros). "Precursor para un dopante" como se utiliza en la presente descripción significa: un compuesto o composición que, cuando se introduce en el vidrio, se convierte en un dopante que tiene un efecto sobre el índice de refracción del vidrio. Los precursores de dopantes pueden ser, por ejemplo, gases que reaccionan con uno o más compuestos en los gases de formación de vidrio para formar capas de vidrio dopado cuando se vitrifican. Durante la deposición de vidrio, el precursor de un dopante se introduce en las capas de vidrio. "Dopante" como se utiliza en la presente descripción significa: un compuesto o composición que está presente en el vidrio de la fibra óptica y que tiene un efecto sobre el índice de refracción de dicho vidrio. Por ejemplo, puede ser un dopante de reductor, a saber, un dopante que disminuye el índice de refracción, tal como flúor o boro (por ejemplo, se introduce como un precursor en forma de F_2 , C_2F_8 , SF_6 , C_4F_8 o BCl_3). Por ejemplo, puede ser un dopante positivo, a saber, un dopante que aumenta el índice de refracción, tal como el germanio (por ejemplo, introducido como un precursor en forma de GeCl_2 (dicloruro de germanio) o GeCl_4 (tetracloruro de germanio)). Los dopantes pueden estar presentes en el vidrio en los intersticios del vidrio (por ejemplo, en el caso de F) o pueden estar presentes como un óxido (por ejemplo, en el caso de germanio, aluminio, fósforo o boro). "Sílice sin vitrificar" es lo mismo que "hollín" como se utiliza en la presente descripción y significa: sílice vitrificada de forma incompleta (= parcialmente vitrificada). Puede ser sin dopar o dopada. "Sílice vitrificada" es lo mismo que "vidrio" como se utiliza en la presente descripción y significa: una sustancia vítrea producida por la vitrificación completa de la sílice. Puede estar dopada o sin dopar. "Deposición de hollín" como se utiliza en la presente descripción significa: la deposición de sílice sin vitrificar en las paredes internas del tubo de sustrato. La deposición de hollín es apreciable visualmente como un material de partículas fino opaco blanco. "Zona de reacción" como se utiliza en la presente descripción significa: la zona o ubicación axial en la que tiene lugar la

reacción o deposición de formación de vidrio. Esta zona está formada por un plasma y preferiblemente se mueve recíprocamente a lo largo de la longitud longitudinal del tubo de sustrato. "Condiciones de reacción" como se utilizan en la presente invención significan: un conjunto de condiciones tales como temperatura, presión, radiación electromagnética que se utilizan para efectuar la deposición de las capas de sílice (sin vitrificar o vitrificadas). "Plasma" como se utiliza en la presente descripción significa: un gas ionizado que consta de iones positivos y electrones libres en proporciones que dan como resultado más o menos carga eléctrica total a temperaturas muy altas. El plasma es inducido por radiación electromagnética, preferiblemente por microondas. "Punto de inversión" como se utiliza en la presente descripción significa: el punto o posición axial en el tubo de sustrato en el que el movimiento del aplicador oscila. En otras palabras, cambios de ida y vuelta hacia adelante y hacia atrás. Es el punto de inflexión del aplicador. El punto axial se mide en el medio (longitudinal) del aplicador. "Próximo al punto de inversión" como se utiliza en la presente descripción significa: una posición axial en el tubo de sustrato que está próxima en términos de distancia al punto de inversión o está en la misma posición que el punto de inversión. "En el punto de inversión" como se utiliza en la presente descripción significa: una posición axial en el tubo de sustrato que está en la misma posición que el punto de inversión. "Desplazado en vaivén" como se utiliza en la presente descripción significa: un movimiento alternativo de avance y retroceso en línea recta. "Fase" como se utiliza en la presente descripción significa: una parte del proceso de deposición en el que se depositan capas de vidrio que tienen un valor de índice de refracción específico. El valor específico puede ser constante o exhibir un gradiente. Por ejemplo, para una fibra de índice de escalón único, la deposición del núcleo y la deposición del revestimiento se consideran cada una como una fase separada. "Carrera" o "pasada" como se utiliza en la presente descripción significa: cada movimiento de ida y vuelta del aplicador a lo largo de la longitud del tubo de sustrato.

Descripción detallada de la invención

[0065] La presente invención se refiere, en un primer aspecto, a un procedimiento para fabricar un precursor para una preforma primaria para fibras ópticas por medio de un proceso de deposición interna asistida por plasma. Durante este proceso, se elimina el tubo de sustrato. En un segundo aspecto, la presente invención se refiere a un procedimiento para eliminar un tubo de sustrato de capas de vidrio depositadas en su superficie interna por medio de un proceso de deposición interna asistida por plasma. En un tercer aspecto, la presente invención se refiere a un procedimiento para fabricar una preforma primaria para fibras ópticas por medio de un proceso de deposición interna asistida por plasma.

[0066] La solución que los presentes inventores han encontrado para los problemas citados anteriormente en la técnica anterior es la eliminación del tubo de sustrato, que permite la utilización de un tubo de sustrato que no sea de cuarzo. Esta solución implica la eliminación del tubo de sustrato después de la deposición de la capa de sílice dentro de dicho tubo de sustrato. Esta eliminación se ve facilitada por la presencia de una capa de hollín (vidrio sin vitrificar) entre la superficie interna de dicho tubo de sustrato y las capas de vidrio depositadas. Este hollín de sílice tiene una cierta adherencia (aunque limitada) a las capas de vidrio a depositar y tiene una cierta (aunque limitada) adherencia al tubo de sustrato, que puede por ejemplo ser de alúmina. Por lo tanto, actúa como una barrera entre dos partes vitrificadas, en primer lugar el sustrato, que es preferiblemente un tubo de sustrato a base de vidrio o sílice y, por otro lado, las capas de vidrio que se depositan. Esta capa de barrera actuará como una capa antiadherente o capa intermedia que permite la separación de las dos capas de sílice vitrificadas en cada lado. En principio, se puede ver como una capa intermedia entre dos tubos, en el exterior del tubo de sustrato y en el interior del tubo depositado.

[0067] La adherencia de la capa de hollín (capa de sílice sin vitrificar) al tubo de sustrato debería ser suficiente por una parte para permitir que se forme una capa (preferiblemente una capa continua, y/o preferiblemente una capa que tenga una cobertura sustancialmente constante de la superficie interna del tubo de sustrato, y/o preferiblemente una capa que tiene un espesor esencialmente constante a lo largo de longitud del tubo de sustrato). La adherencia de la capa de hollín al tubo de sustrato, por otro lado, no debe ser demasiado alta para permitir la separación del tubo de sustrato de la capa de hollín.

[0068] La adherencia de la capa de hollín a las capas de vidrio a depositar debería, por un lado, ser suficiente para permitir que se formen las capas de vidrio. La adherencia de la capa de hollín a las capas de vidrio a depositar, por otro lado, no debe ser demasiado alta para permitir la separación de las capas de vidrio de la capa de hollín.

[0069] En la presente invención es posible que las capas de sílice sin vitrificar se eliminen utilizando un líquido, por ejemplo agua u otra solución acuosa. Las partículas frágiles de sílice sin vitrificar se rompen de manera que se obtiene un material fino, similar al polvo, dispersado en el líquido, que puede eliminarse retirando el líquido.

[0070] El tubo de sustrato usado de acuerdo con la presente invención es preferiblemente un tubo de sustrato que no sea de cuarzo. Es posible usar un tubo de sustrato de cuarzo, por ejemplo de menor pureza. El tubo de sustrato debe ser capaz de soportar altas temperaturas que se utilizan en el proceso de deposición. Además, el tubo de sustrato debería ser transparente a la radiación electromagnética para permitir la formación de un plasma dentro de dicho tubo de sustrato. La dimensión interna y externa del tubo de sustrato usado en la presente invención se puede seleccionar de acuerdo con los requisitos del equipo de proceso y la cantidad y tipo de fibra óptica a formar. Puede requerirse que los tubos de sustrato se sometan a un proceso de tratamiento previo con el fin de hacerlos adecuados para usar en el equipo de deposición de plasma que se utiliza en la presente invención.

[0071] El presente procedimiento comprende las siguientes etapas, que no son todas esenciales para todas las realizaciones. Es posible que algunas de estas etapas se lleven a cabo en un orden diferente.

[0072] La primera etapa es proporcionar un tubo de vidrio hueco. Dicho tubo de sustrato hueco puede tener preferiblemente un lado de suministro y un lado de descarga. Este tubo de sustrato hueco se utiliza para la deposición interna de capas en la superficie interna del mismo. Una línea de gas (u opcionalmente una línea de gas principal y al menos una línea de gas secundaria) están unidas a dicho lado de suministro y preferiblemente una bomba de vacío está unida a dicho lado de descarga.

[0073] En otra etapa, un flujo de gas es suministrado al interior de dicho tubo de sustrato hueco. Este flujo de gas se introduce preferiblemente a través del lado de suministro de dicho tubo de sustrato. Dicho flujo de gas comprende al menos un gas de formación de vidrio. Por ejemplo, oxígeno y tetracloruro de silicio. Opcionalmente, dicho flujo de gas también comprende, durante al menos una parte del proceso de deposición, al menos un precursor para un dopante, tal como germanio (por ejemplo, en forma de tetra o dicloruro de germanio) y/o flúor (por ejemplo, en la forma de C_2F_6). En primer lugar, solo se introduce oxígeno, más tarde opcionalmente un gas de ataque químico, incluso más tarde los gases de formación de vidrio.

[0074] En una etapa posterior, una zona de reacción de plasma se crea en el interior de dicho tubo de sustrato hueco. La zona de reacción del plasma no abarca toda la longitud del tubo de sustrato, sino solo una parte rodeada por el aplicador. En otras palabras, la zona de reacción del plasma se crea en una parte del interior del tubo de sustrato hueco. El plasma se crea por medio de radiación electromagnética. Esta zona de reacción de plasma proporciona las condiciones adecuadas para efectuar la deposición de capas de vidrio vitrificado o capas de vidrio sin vitrificar -dependiendo de las condiciones- en la superficie interna de dicho tubo de sustrato hueco al permitir la reacción de los gases de formación de vidrio y opcionalmente uno o más precursores para dopantes. En otras palabras, la zona de reacción de plasma es el espacio tridimensional que ocupa el plasma dentro del tubo de sustrato.

[0075] La zona de reacción preferiblemente se mueve de manera recíproca entre dos puntos de inversión, cada uno de los cuales está situado en o próximo a los extremos del tubo de sustrato. Existe un punto de inversión próximo al lado de suministro, existiendo un punto de inversión próximo al lado de descarga. El aplicador de radiación electromagnética está presente coaxialmente sobre el tubo de sustrato. El plasma formado se desplaza hacia adelante y hacia atrás a lo largo del eje longitudinal de dicho tubo de sustrato hueco junto con el aplicador. El movimiento oscila entre un punto de inversión ubicado próximo al lado de suministro y un punto de inversión ubicado próximo al lado de descarga de dicho tubo de sustrato hueco. Esta reciprocidad tiene lugar varias veces (llamadas pasadas o carreras) y durante cada pasada o carrera se deposita una capa delgada de vidrio vitrificado o sin vitrificar. En el caso que el proceso de deposición se lleve a cabo en varias fases, cada fase comprende una pluralidad de carreras, por ejemplo entre 1000 y 10.000, tal como 2000 a 4000 carreras.

[0076] Durante la etapa ii) del presente procedimiento de la invención, se proporciona una primera zona de reacción de plasma para la deposición de vidrio sin vitrificar. Se aplican las primeras condiciones de reacción. Estas primeras condiciones de reacción son eficaces para la producción de capas de sílice sin vitrificar, en otras palabras, estas condiciones se eligen para evitar la deposición de sílice vitrificada. Un flujo de gas de gases de formación de vidrio está presente durante esta etapa. En una realización, se utiliza una presión alta (por ejemplo, > 50 mbar) para evitar la vitrificación. Esto es una consecuencia del hecho de que la presión determina la cantidad de formación de sílice en la fase gaseosa. Cuando la presión en el tubo de sustrato es suficientemente baja, solo se formará una pequeña cantidad de hollín (SiO_2 o GeO_2) en la fase gaseosa y la mayoría de los gases de formación de vidrio reaccionarán como sílice vitrificada en el diámetro interno del tubo de sustrato. Si la presión es superior a 50 mbar, habrá una cantidad significativa de hollín a través de la agrupación de partículas de sílice en la fase gaseosa antes de la deposición sobre el diámetro interno del tubo de sustrato. El hollín se adherirá al tubo del sustrato y podrá ser eliminado después. Si se lleva a cabo el proceso de deposición de plasma en un régimen de presión más alta (> 30 mbar o incluso > 60 mbar), se encuentra que la deposición consiste en una gran parte de material de hollín.

[0077] Debe observarse que preferiblemente la sílice sin vitrificar se suministra en una gran parte de la superficie interna del tubo de sustrato, tal como entre el punto de inversión próximo al lado de suministro y el punto de inversión próximo al lado de descarga. Preferiblemente, el área de la superficie interna a cubrir con las capas de sílice vitrificada también está cubierta previamente por capas de sílice sin vitrificar. Esto facilitará la eliminación posterior del tubo de sustrato sin dañar las capas de sílice vitrificada, es decir las capas depositadas.

[0078] Durante la etapa iii) del presente procedimiento de la invención, se proporciona una segunda zona de reacción de plasma para la deposición de sílice vitrificada. Por lo tanto, esta etapa implica crear una segunda zona de reacción de plasma que tiene segundas condiciones de reacción en el interior de dicho tubo de sustrato hueco que ha depositado capas de vidrio sin vitrificar sobre su superficie interna por medio de radiación electromagnética para efectuar la deposición de capas de sílice vitrificada sobre el capas de sílice cristalizadas depositadas en una etapa previa. Las segundas condiciones de reacción utilizadas durante esta etapa para obtener una zona de reacción de plasma adecuada para la deposición de vidrio son conocidas en el ámbito técnico.

[0079] Al final de esta etapa de deposición del proceso de la presente invención, se obtiene un tubo de sustrato que tiene el número deseado de capas de sílice vitrificada depositadas sobre su superficie interna. En ese instante, el proceso de deposición se detiene. Por lo tanto, la radiación electromagnética se detiene así como también el flujo de gas que comprende gases de formación de vidrio.

[0080] En una etapa siguiente de la presente invención, el tubo de sustrato es eliminado. Esto producirá

un llamado tubo depositado o capas de sílice vitrificada que se han depositado.

[0081] En una etapa opcional de la presente invención, el tubo depositado se somete a un tratamiento de colapsado para formar una varilla sólida. Sin embargo, se puede prever que el tubo depositado terminado se transporte a otra instalación donde se lleva a cabo esta etapa de colapsado. Durante esta etapa de colapsado, el tubo hueco se calienta utilizando una fuente de calor externa, tal como un horno o un quemador, a una temperatura de entre 1800 y 2200 grados C. En varias carreras o pasadas de colapsado el tubo hueco se calienta y colapsa sobre sí mismo para formar una varilla sólida

[0082] En una etapa opcional de la presente invención, el tubo depositado o preforma primaria obtenida puede proporcionarse adicionalmente más externamente con una cantidad adicional de vidrio, por ejemplo mediante un proceso de deposición externa en fase de vapor o un proceso de deposición de vidrio directo (así llamado "sobre revestimiento") o utilizando uno o más tubos de vidrio preformados que se proporcionan sobre la superficie exterior de la preforma primaria obtenida de acuerdo con el procedimiento de la presente invención. Este proceso se llama "enfundado". Cuando se utiliza una varilla sólida como punto de partida, se obtiene una preforma compuesta llamada preforma final. En el procedimiento según la presente invención, esta etapa de proporcionar externamente vidrio extra puede llevarse a cabo utilizando vidrio dopado. En una realización preferida, del proceso de sobre revestimiento usa sílice natural o sintética. Esta puede ser sílice dopada o sin dopar. En una realización, se utiliza sílice dopada con flúor en el proceso de sobre revestimiento, por ejemplo para obtener una fibra óptica que tiene un revestimiento óptico externo enterrado.

[0083] A partir de la preforma final producida de este modo, un extremo de la cual se calienta, se obtienen fibras ópticas mediante estirado en una torre de estirado. El perfil de índice de refracción de la preforma consolidada (colapsada) corresponde al perfil de índice de refracción de la fibra óptica estirada a partir de dicha preforma.

[0084] La eliminación del tubo de sustrato se trata preferiblemente una eliminación mecánica. La eliminación mecánica puede llevarse a cabo manualmente o en una máquina.

[0085] Hay varias formas en que se puede eliminar el tubo de sustrato. En un primer aspecto, el tubo de sustrato permanecerá intacto después de la eliminación. En un segundo aspecto, el tubo de sustrato no permanecerá intacto después de la eliminación.

[0086] Por ejemplo, cerca de ambos extremos longitudinales del tubo de sustrato se realiza un corte circular (radial), preferiblemente a través del espesor del tubo de sustrato, que se extiende opcionalmente dentro de la capa de hollín. Después de este corte radial, el tubo de sustrato está, en principio, coaxialmente presente de una manera no unida (suelta) alrededor de las capas de vidrio depositadas. La capa de hollín es frágil y al girar o deslizar el tubo de sustrato suelto, esta capa de hollín se puede romper o deshacer para proporcionar desplazamiento entre el tubo de sustrato y las capas de vidrio. Sin embargo, debe observarse que este desplazamiento es de naturaleza muy limitada ya que el espacio entre el tubo de sustrato y la capa de vidrio se llena con la capa de hollín (rota o desecha).

[0087] De acuerdo con el primer aspecto, una realización es como sigue. En primer lugar, se realizan cortes radiales cerca de ambos extremos longitudinales como se discutió anteriormente. A continuación, uno (o ambos) extremos del tubo de sustrato se eliminan (por ejemplo, haciendo un corte radial más profundo que atraviesa por completo el tubo de sustrato y el tubo depositado) para que el tubo de sustrato pueda deslizarse sobre la capa de vidrio depositada dentro de él. Esto permite reutilizar el tubo de sustrato para otro proceso de deposición. Se prefiere que según esta realización el espesor total de las capas sin vitrificar (capas de hollín) sean entre 200 y 1000 micrómetros. Se prefiere que el número de capas sin vitrificar sean entre 100 y 500. Esto deja una distancia suficiente entre los dos tubos coaxiales (es decir, el tubo de sustrato exterior y el tubo interno depositado) para su eliminación.

[0088] Para la presente invención es posible que las capas de sílice sin vitrificar se eliminen utilizando un líquido, por ejemplo agua u otra solución acuosa. Cuando se introduce dicho líquido en el espacio entre los dos tubos coaxiales y los tubos se desplazan relativamente entre sí, las partículas frágiles de sílice sin vitrificar se deshacen de modo que se obtiene un material fino, similar a polvo, dispersado en el líquido, que se puede eliminar al retirar el líquido. Después de eliminar el líquido y las partículas, entre los dos tubos coaxiales se obtiene un espacio hueco que facilita la eliminación del tubo de sustrato externo.

[0089] Para el segundo aspecto, en el que el tubo de sustrato no permanece intacto, a continuación se proporcionan varias realizaciones no limitativas.

[0090] En otra realización, el tubo de sustrato puede someterse a uno o más cortes longitudinales (preferiblemente dos opuestos) (por ejemplo, mediante una hoja de sierra accionada por una máquina). Estos cortes longitudinales (o corte) se extienden preferiblemente sobre toda la longitud del tubo de sustrato. Estos cortes (o corte) se realizan preferiblemente a través del espesor del tubo de sustrato, extendiéndose opcionalmente dentro de la capa de hollín. Después de realizar estos cortes (o corte), se pueden eliminar dos mitades (o más partes) del tubo de sustrato. Esto no permite la reutilización del tubo de sustrato.

[0091] En otra realización, el tubo de sustrato puede someterse a cincelado con martillo manual para formar una grieta (o más grietas). Estas grietas pueden progresar en una dirección longitudinal. Esto romperá el tubo de sustrato que se elimina en una pluralidad de partes. Esto impide la reutilización del tubo de sustrato.

[0092] En otra realización, el tubo de sustrato se provee de una o más ranuras longitudinales o helicoidales hechas con una cuchilla de diamante para trabajos de vidrio, seguida por la rotura del tubo de sustrato. Esto podría hacerse ya sea a máquina o manualmente. Esto no permite la reutilización del tubo de sustrato.

[0093] Para estas realizaciones del segundo aspecto, no es necesario tener un determinado espesor de sílice

sin vitrificar para permitir una separación suficiente entre los dos tubos. Para reducir el tiempo y el costo de fabricación, en este caso, el espesor total de las capas sin vitrificar se encuentra preferiblemente entre 1 y 100 micrómetros, más preferiblemente como máximo 40 micrómetros, incluso más preferiblemente como máximo 20 micrómetros. El número de capas de sílice sin vitrificar se encuentra preferiblemente entre 1 y 50, más preferiblemente como máximo 20, incluso más preferiblemente como máximo 10.

[0094] En un aspecto adicional para estas realizaciones del segundo aspecto, los extremos del tubo de sustrato (extremos unidos) pueden mantenerse en su sitio. Esto permite la transferencia fácil del tubo depositado (después de la eliminación del tubo de sustrato) a una siguiente etapa en el proceso, por ejemplo un aparato de colapsado o un aparato de deposición de plasma. En este caso, la etapa de corte radial próxima a ambos extremos longitudinales se puede llevar a cabo como una primera etapa en la eliminación del tubo de sustrato.

[0095] En otro aspecto, la presente invención se refiere a un procedimiento en el que el precursor para una preforma primaria se utiliza como tubo de sustrato para la fabricación de una preforma primaria por medio de un proceso de deposición interna asistida por plasma. Este proceso de deposición asistido por plasma preferiblemente comprende las etapas de:

a) proporcionar dicho precursor para una preforma primaria; y
 b) crear en el interior de dicho tubo de sustrato hueco una zona de reacción de plasma que tiene condiciones de reacción por medio de radiación electromagnética para efectuar la deposición de capas de sílice vitrificada sobre la superficie interna de dicho precursor para una preforma primaria proporcionada en la etapa a).

[0096] El precursor para una preforma primaria utilizado en la etapa a) es el precursor tal como se obtiene en un primer aspecto de la presente invención.

[0097] Debe observarse que la zona de reacción del plasma y las condiciones de reacción de la etapa b) son similares o iguales que la segunda zona de reacción del plasma y las segundas condiciones de reacción descritas anteriormente. Es posible que después de la etapa b) se lleve a cabo una etapa de colapsado como se describió anteriormente para otros aspectos. Todas las realizaciones e información descritas anteriormente con respecto al proceso de deposición de plasma también son aplicables a esta realización.

[0098] La presente invención no requiere cambios significativos en la configuración del aparato o instrumental que ya están en uso. Por lo tanto, la solución al problema presentado en la presente invención es fácil y rentable de implementar.

[0099] La presente invención se explicará ahora basándose un ejemplo, en relación al cual debe observarse, sin embargo, que la presente invención no se limita en modo alguno a este ejemplo.

Ejemplo

[0100] Un tubo de sílice de baja calidad provisto en ambos extremos con una varilla de vidrio soldada ("mango") se coloca en un torno de PCVD rodeado por un horno. El horno se lleva hasta una temperatura de 1100° C mientras que por el tubo de sustrato pasa oxígeno a una presión de 15 milibares. La velocidad del resonador es de 20 metros por minuto. Se induce un plasma y la presión aumenta hasta 60 milibares. Se depositan aproximadamente 20 capas de sílice sin dopar y sin vitrificar en un período de 2 minutos. La presión se reduce posteriormente hasta aproximadamente 14 milibar y se depositan aproximadamente 160 capas de sílice vitrificada en aproximadamente 12 minutos.

[0101] Cuando finaliza el proceso completo, el tubo se saca del torno PCVD para enfriarlo en el aire ambiente (no se aplica refrigeración forzada). Cuando el tubo está a temperatura ambiente (23° C), se hace un corte de sierra próximo al lado de suministro de gas (a 50 milímetros del extremo del tubo) y próximo al lado de descarga (a 100 milímetros del extremo del tubo). Luego, el tubo de sustrato se retira del tubo depositado utilizando un cincel y un martillo. Los dos extremos unidos permanecen en posición. El tubo depositado se proporciona a un aparato de colapsado y se colapsa para proporcionar una varilla de núcleo macizo.

[0102] De esta manera, se alcanzan uno o más objetivos de la presente invención mencionados anteriormente. Se citan más realizaciones de la presente invención en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para fabricar un precursor para una preforma primaria para fibras ópticas por medio de un proceso de deposición de plasma interno, cuyo procedimiento comprende las etapas de:
- 5 i) proporcionar un tubo de sustrato hueco;
ii) crear en el interior de dicho tubo de sustrato hueco una primera zona de reacción de plasma que tiene primeras condiciones de reacción por medio de radiación electromagnética para efectuar la deposición de capas de sílice sin vitrificar sobre la superficie interna de dicho tubo de sustrato hueco, y posteriormente;
- 10 iii) crear en el interior de dicho tubo de sustrato hueco una segunda zona de reacción de plasma que tiene segundas condiciones de reacción por medio de radiación electromagnética para efectuar la deposición de capas de sílice vitrificada sobre las capas de sílice sin vitrificar depositadas en la etapa ii);
iv) eliminar el tubo de sustrato hueco de las capas de sílice vitrificada depositadas en la etapa iii) y de las capas de sílice sin vitrificar depositadas en la etapa ii) para obtener un tubo depositado.
- 15 2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende una etapa adicional v) llevada a cabo después de la etapa iv), consistiendo la etapa v) en someter el tubo depositado obtenido en la etapa iv) a un tratamiento de colapsado para formar una preforma primaria.
- 20 3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, que comprende una etapa adicional vi) llevada a cabo después de la etapa iv) o de la etapa v) consistente en: proporcionar externamente a dicho tubo depositado de la etapa iv) o dicha preforma primaria de la etapa v) con una cantidad adicional de vidrio.
- 25 4. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que durante la etapa iv) el tubo de sustrato es eliminado mecánicamente.
5. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que las primeras condiciones de reacción comprenden una presión superior a 30 milibares, preferiblemente superior a 60 milibares.
- 30 6. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que las primeras condiciones de reacción comprenden una presión inferior a 1000 milibares, preferiblemente inferior a 200 milibares.
- 35 7. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que las segundas condiciones de reacción comprenden una presión de entre 1 y 25 milibares, preferiblemente entre 5 y 20 milibares, más preferiblemente entre 10 y 15 milibares.
- 40 8. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que como tubo de sustrato proporcionado en la etapa i) se utiliza un tubo de sustrato que no es de cuarzo, preferiblemente un tubo de sustrato de alúmina.
9. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que en la etapa ii) se depositan entre 1 y 500 capas de sílice sin vitrificar.
- 45 10. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que las capas de sílice sin vitrificar tienen cada una, independientemente, un espesor de entre 1 y 5 micrómetros, preferiblemente de entre 2 y 3 micrómetros.
- 50 11. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que las capas de sílice sin vitrificar que se depositan en total tienen un espesor de entre 1 y 1000 micrómetros.
12. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 o 3 a 11, en el que el precursor para una preforma primaria es un tubo de sustrato.
- 55 13. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 o 3 a 11, en el que el precursor para una preforma primaria se utiliza como tubo de sustrato para la fabricación de una preforma primaria por medio de un proceso de deposición interna asistida por plasma.
- 60 14. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la radiación electromagnética utilizada son microondas.

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 4314833 A [0011]
- WO 9935304 A [0012]
- EP 0554845 A [0015]
- US 6988380 B [0016]

10