

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 616 286**

51 Int. Cl.:

C03B 37/012 (2006.01)

C03B 37/018 (2006.01)

C03B 37/07 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.04.2015** **E 15165043 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.12.2016** **EP 2947055**

54 Título: **Procedimiento para la fabricación de una preforma óptica**

30 Prioridad:

22.05.2014 NL 2012868

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

12.06.2017

73 Titular/es:

DRAKA COMTEQ B.V. (100.0%)

De Boelelaan 7

1083 HJ Amsterdam, NL

72 Inventor/es:

MILICEVIC, IGOR;

KRABSHUIS, GERTJAN;

GERHARTS, PETER;

HARTSUIKER, JOHANNES ANTOON y

VAN STRALEN, MATTHEUS JACOBUS

NICOLAAS

74 Agente/Representante:

ARPE FERNÁNDEZ, Manuel

ES 2 616 286 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para la fabricación de una preforma óptica

- 5 **[0001]** La presente invención se refiere a un procedimiento para la fabricación de una preforma óptica que comprende las etapas de:
- proporcionar un tubo de substrato que tiene capas de vidrio depositadas en su superficie interior;
 - colapsar el tubo substrato mediante aplicación de una fuente de calentamiento desplazándose para calentar el tubo de substrato por encima de su temperatura de reblandecimiento de tal manera que se fabrique una preforma óptica.
- 10 **[0002]** Generalmente, en el campo de las fibras ópticas, múltiples películas de vidrio delgadas se depositan sobre la superficie interior de un tubo de substrato. Los gases formadores de vidrio (a saber, gases reactivos dopados o sin dopar) se introducen en el interior del tubo substrato desde un extremo (lado de suministro del tubo substrato). Las capas de vidrio dopadas o sin dopar se depositan sobre la superficie interior del tubo de substrato. Los gases son descargados o retirados desde el otro extremo del tubo de substrato, opcionalmente utilizando una bomba de vacío (lado de descarga del tubo de substrato). La bomba de vacío tiene el efecto de generar una presión reducida en el interior del tubo de substrato, cuya presión reducida comprende generalmente un valor de presión comprendido entre 5 y 50 mbar.
- 15 **[0003]** Pueden usarse varios procesos para la deposición en fase de vapor interna, tales como MCVD, deposición en química en fase de vapor modificada, PCVD, deposición química en fase de vapor asistida por plasma. La presente invención es aplicable a todos los tipos de procesos de deposición en fase vapor interna. A continuación, se explica con más detalle la PCVD.
- 20 **[0004]** Generalmente, una radiación electromagnética, preferiblemente microondas, de un generador se dirige hacia un aplicador a través de una guía de ondas, cuyo aplicador rodea un tubo de substrato. El aplicador acopla la radiación electromagnética al plasma. El aplicador (y por lo tanto el plasma formado por el mismo) se mueve de forma alternativa en la dirección longitudinal del tubo de substrato, como resultado de lo cual, una fina capa de vidrio se deposita sobre el interior del tubo de substrato con cada carrera o pasada.
- 25 **[0005]** El aplicador y el tubo substrato están generalmente rodeados por un horno para mantener el tubo substrato a una temperatura de 900 a 1300 ° C durante el proceso de deposición.
- 30 **[0006]** A medida que el número de pasadas aumenta, el espesor acumulado de estas películas finas, es decir, del material depositado, aumenta conduciendo de este modo a una disminución del diámetro interno restante del tubo substrato. En otras palabras, con cada pasada el espacio hueco dentro del tubo de substrato se hace cada vez más pequeño.
- 35 **[0007]** Después de que las capas de vidrio se han depositado sobre el interior del tubo substrato, el tubo substrato, también llamado precursor de una preforma primaria, se contrae posteriormente mediante calentamiento en una preforma óptica, es decir, barra maciza. Esto se llama un proceso de colapsado. La barra maciza resultante se denomina también preforma primaria.
- 40 **[0008]** Durante el proceso de colapsado, usualmente, un tubo depositado (es decir, un tubo de substrato que tiene capas de vidrio depositadas sobre su superficie interior) se contrae en una máquina de contracción hasta una preforma óptica, utilizando una fuente de calentamiento. Dicha máquina se conoce generalmente como un dispositivo de colapsado. El dispositivo de colapsado comprende una fuente de calentamiento que puede calentar el tubo de substrato a una temperatura más alta que la temperatura de reblandecimiento de dicho tubo de substrato, generalmente por encima de 2000 grados Celsius. Las fuentes de calentamiento adecuadas para colapsar el tubo substrato incluyen quemadores de hidrógeno/oxígeno, quemadores de plasma, hornos de resistencia eléctrica y hornos de inducción. Sin embargo, la presente invención no se limita a un tipo específico de fuente de calentamiento.
- 45 **[0009]** Después de dicha etapa de colapsado, en una realización especial, la barra maciza o preforma primaria puede además ser provista externamente de una cantidad adicional de vidrio, por ejemplo por medio de un proceso de deposición en fase vapor o de un recubrimiento directo de vidrio (denominado "overcladding (sobre-revestimiento)") o utilizando uno o más tubos de vidrio preformados (denominado "enfundado"), obteniendo así una preforma compuesta llamada preforma final. A partir de la preforma final así producida, cuyo extremo 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) se corresponde con el perfil de índice de refracción de la fibra óptica extraída a partir de dicha preforma.
- 50 **[0010]** A partir de la patente US 4.869.743, se conoce un procedimiento de fabricación de una fibra mediante el estiramiento de una preforma, en el que la preforma se fabrica colapsando un tubo de sílice de paredes gruesas que tiene una presión reducida establecida dentro del mismo y que se calienta en pasadas sucesivas. Se impide que el tubo se ovale comenzando cada pasada con una porción apoyando contra una guía cónica interna coaxial.
- 55 **[0011]** A partir de la solicitud de patente europea EP 0860719, se conoce un proceso y un aparato para supervisar y controlar la configuración elíptica de los tubos de preforma durante la deposición química en fase de vapor modificada. En respuesta a señales generadas por ordenador desde el dispositivo de supervisión, la tasa de colapsado del tubo, se ajusta dinámicamente cambiando localmente la temperatura del tubo de vidrio o cambiando la fuerza física que actúa para colapsar el tubo.
- 60 **[0012]** El documento US 4.360.250 se refiere a una guía de ondas ópticas fabricada haciendo pasar una mezcla de vapores de tetracloruro de silicio y oxiclururo de fósforo a través de la superficie interior de un tubo de vidrio y

calentando para producir oxidación y deposición simultánea de sílice y pentóxido de fósforo. El tubo recubierto interiormente se colapsa entonces en una barra y esta barra es estirada en una fibra óptica.

[0013] El documento US 4.165.224, se refiere a la fabricación de preformas de fibra óptica de sílice. Durante la contracción previa al recorrido de colapso final, se mantiene un flujo de gas de oxígeno y un haluro del dopante volátil a través del tubo con el fin de proporcionar en primer lugar una pequeña sobrepresión para asegurar la circularidad durante la contracción y en segundo lugar compensar la tendencia del dopante a perderse por volatilización.

[0014] El documento EP 0134743 describe un procedimiento para la fabricación de una fibra óptica de modo único con polarización lineal.

[0015] A partir de la solicitud de patente de los EEUU US 2003/0024278, se conoce un procedimiento para la fabricación de una fibra guía de ondas ópticas a partir de una preforma que tiene una abertura de línea central, cuyo procedimiento incluye reducir la presión en la abertura de línea central y luego aumentar la presión en la abertura de línea central hasta una presión para mejorar la uniformidad, circularidad y/o simetría alrededor de la región de la abertura de línea central.

[0016] Un inconveniente de los tubos de sustrato que tienen una capa de vidrio depositada sobre la superficie interior del mismo, por ejemplo fabricado de acuerdo con el procedimiento de la técnica anterior que utiliza un proceso de deposición en fase de vapor interna, es que el diámetro interior de estos tubos se descentra, es decir, no es redondo. En otras palabras, la sección transversal de la sección "abierta" resultante de los tubos de sustrato no se asemeja a un círculo perfecto.

[0017] Después de completarse el proceso de deposición en fase vapor interna, un tubo de sustrato con vidrio depositado es colapsado, usualmente en una máquina dedicada a ello. Un tubo de sustrato que no es circular, por ejemplo un tubo ovalado, dará como resultado una falta de circularidad del núcleo de la fibra óptica estirada. El efecto de falta de circularidad anteriormente indicado obtenido durante la deposición, se realza aún más durante el proceso de colapsado, ya que durante este colapsado existe no sólo una fuerza que actúa hacia la línea central del tubo de sustrato, es decir centralmente hacia dentro, sino que también existe una fuerza que actúa a lo largo de la circunferencia del tubo de sustrato, es decir, axialmente. La fuerza axial aumenta la propiedad de no circularidad del tubo de sustrato.

[0018] Lo anterior da como resultado una denominada falta de circularidad del núcleo de la fibra óptica después del estirado, lo cual es un fenómeno no deseado ya que conduce a una atenuación aumentada.

[0019] La no circularidad puede, por ejemplo, conducir también a una fibra de modo único con una alta dispersión de modo de polarización, o puede conducir a una fibra de múltiples modos que exhiba valores de retardo de modo diferencial elevados debido a la asimetría del núcleo. Ambas resultan ser indeseables.

[0020] Es un objeto de la presente invención proporcionar un procedimiento para la fabricación de una preforma óptica mejorada, es decir, una barra maciza, en la que la propiedad de falta de circularidad de la preforma óptica se reduzca en comparación con las preformas ópticas preparadas no conforme al presente procedimiento.

[0021] Los objetos mencionados anteriormente se consiguen mediante la presente invención.

Sumario de la invención

[0022] La presente invención se refiere a un procedimiento para la fabricación de una preforma óptica que comprende las etapas de:

- proporcionar un tubo de sustrato que tiene capas de vidrio depositadas en su superficie interior;
- aumentar el diámetro exterior del tubo sustrato mediante la aplicación de una fuente de calentamiento desplazándose para calentar el tubo sustrato por encima de su temperatura de reblandecimiento y proporcionando una presión interna en el tubo sustrato superior a la presión ambiente, seguida por la etapa de:

- colapsado del tubo de sustrato, que tiene un diámetro exterior aumentado, mediante la aplicación de la fuente de calentamiento que se desplaza para calentar el tubo de sustrato por encima de su temperatura de reblandecimiento, de manera que se fabrica una preforma óptica.

[0023] En una realización, dicho procedimiento comprende además las etapas de:

- medir una diferencia de presión entre la presión interna en el tubo de sustrato y la presión ambiente, y
- controlar la presión interna basándose en la medición y en un valor de presión predefinido.

[0024] En otra realización, el valor de presión predefinido se encuentra comprendido entre 10 y 100 pascales.

[0025] En otra realización, el valor de presión predefinido está comprendido entre 30 y 65 pascales.

[0026] En otra realización, el valor de presión predefinido está comprendido entre 40 y 50 pascales.

[0027] En otra realización, el valor de presión predefinido es de aproximadamente 45 pascales.

[0028] En otra realización, la temperatura a la que es sometido el tubo de sustrato durante la etapa de aumento es de, al menos, 1900 °C.

[0029] En otra realización, la temperatura a la que se somete el tubo de sustrato durante la etapa de colapso es de, al menos, 2000 °C.

[0030] En otra realización, la temperatura a la que es sometido el tubo de sustrato durante la etapa de colapso es de, al menos, 2100 °C.

[0031] En otra realización, la etapa de aumentar el diámetro exterior del tubo de sustrato se realiza en múltiples veces distintas.

[0032] En otra realización, la etapa de proporcionar un tubo de sustrato con capas de vidrio depositadas sobre su superficie interior comprende las etapas de:

- proporcionar un tubo de sustrato;
- depositar capas de vidrio en el interior del tubo sustrato mediante:
- suministro de precursores formadores de vidrio al tubo de sustrato hueco a través de un lado de suministro del mismo, comprendiendo además el tubo de sustrato hueco un lado de descarga y
- aplicación de una zona de reacción desplazándose dentro del tubo de sustrato a lo largo de una longitud del tubo de sustrato hueco con el fin de generar condiciones de deposición para dichos precursores de formación de vidrio en el tubo de sustrato hueco, de manera que se proporciona un tubo de sustrato con capas de vidrio depositadas sobre la superficie interior del mismo.

[0033] En otra realización, la etapa de deposición capas de vidrio en el interior del tubo de sustrato utiliza un proceso de deposición química en fase de vapor asistida por plasma, PCVD.

[0034] A continuación se explica la invención con más detalle.

Definiciones tal como se utilizan en la presente descripción

[0035] Las siguientes definiciones se utilizan en la presente descripción y/o en las reivindicaciones para definir el objeto asunto expuesto. Otros términos no citados a continuación tienen el significado generalmente aceptado en el campo.

"Tubo de sustrato hueco" tal como se utiliza en la presente descripción significa: un tubo alargado que tiene una cavidad dentro del mismo. Generalmente, el interior de dicho tubo es provisto (o recubierto) de una pluralidad de capas de vidrio durante la fabricación de una preforma.

"Precursor para una preforma primaria" tal 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" tal como se utiliza en la presente descripción significa: una barra maciza (preforma maciza) que requiere ser suministrada externamente con vidrio extra antes de convertirse en una preforma final.

"Preforma final" tal como se utiliza en la presente descripción significa: una barra maciza (preforma compuesta maciza) que se puede usar directamente para estirar fibras ópticas a partir de la misma.

"Lado de suministro de gas" o "lado de suministro" tal 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" tal 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 usa como salida para los gases. El lado de descarga es el lado opuesto al lado de suministro.

"Superficie interior" tal como se utiliza en la presente descripción significa: la superficie de dentro o superficie interior del tubo de sustrato hueco.

"Vidrio" o "material de vidrio" tal como se utiliza en la presente descripción significa: material de óxido cristalino o vítreo (vítreo) - p.ej. sílice (SiO₂) o incluso cuarzo - depositado por medio de un proceso de deposición en fase de vapor.

"Sílice", tal como se utiliza en la presente descripción, significa: cualquier sustancia en forma de SiO_x, sea estequiométrica o no, y no cristalina o amorfa.

"Gases formadores de vidrio", tal como se utiliza en la presente descripción, significa: gases reactivos usados durante el proceso de deposición para formar capas de vidrio. Estos gases formadores de vidrio pueden comprender un precursor para un dopante. (por ejemplo, O₂ y SiCl₄ y opcionalmente otros).

"Zona de reacción" tal como se utiliza en la presente invención significa: la zona o ubicación axial en la que tiene lugar la reacción de formación de vidrio o deposición.

"Punto de inversión" tal 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 se invierte. En otras palabras, los cambios de atrás hacia adelante y de adelante hacia atrás. Es el punto de inflexión del aplicador. El punto axial se mide en el centro (longitudinal) del aplicador.

"Próxima al punto de inversión" tal como se utiliza en la presente descripción significa: una posición axial en el tubo de sustrato que es próxima en distancia al punto de inversión, o está en la misma posición que el punto de inversión.

"En el punto de inversión" tal como se utiliza en la presente descripción significa: una posición axial sobre el tubo de sustrato que es la misma posición que el punto de inversión.

"Movido hacia adelante y hacia atrás" como se utiliza en la presente descripción significa: un movimiento alternativo o moviéndose en vaivén en una línea recta.

[0036] Las características y ventajas anteriormente mencionadas y otras de la invención se comprenderán mejor a partir de la siguiente descripción haciendo referencia a los dibujos adjuntos. En los dibujos, los mismos números de referencia indican partes o partes idénticas que realizan una función u operación idéntica o comparable.

[0037] La invención no se limita a los ejemplos particulares descritos a continuación o a un procedimiento particular para fabricar la preforma óptica.

[0038] La presente invención no requiere cambios significativos en la disposición instrumental o dispositivos/aparatos que ya están en uso. Por lo tanto, la solución al problema presentado en la presente invención es simple y rentable de llevar a cabo.

Breve descripción de los dibujos

[0039]

La figura 1 describe un ejemplo de la medición cuantitativa de la falta de circularidad del núcleo de una fibra.

La figura 2 describe un ejemplo de un diagrama de flujo que ilustra las etapas de un procedimiento de acuerdo con la presente invención.

- 5 La figura 3 describe un ejemplo de otro diagrama de flujo que ilustra con más detalle la etapa de proporcionar un tubo de sustrato con capas de vidrio depositadas de acuerdo con la presente invención.

Descripción detallada de la invención

- 10 **[0040]** La presente invención se refiere, en un primer aspecto, al procedimiento para la fabricación de una preforma óptica que comprende las etapas de:

- proporcionar un tubo de sustrato con capas de vidrio depositadas en su superficie interior;
 - aumentar el diámetro exterior del tubo sustrato mediante la aplicación de una fuente de calentamiento desplazándose para calentar el tubo sustrato por encima de su temperatura de reblandecimiento y proporcionando en el tubo sustrato una presión interna superior a la presión ambiente;
 15 - colapsar el tubo de sustrato, que tiene un diámetro exterior aumentado, mediante la aplicación de la fuente de calentamiento desplazándose para calentar el tubo de sustrato por encima de su temperatura de reblandecimiento, de manera que se fabrica una preforma óptica.

- 20 **[0041]** Como se ha discutido anteriormente, una desventaja de los procedimientos de la técnica anterior es que después del proceso de deposición interna en fase de vapor, la sección transversal de la cavidad resultante dentro del tubo sustrato, tiene una cierta falta de circularidad. Dicho efecto se puede realzar aún más durante el proceso de colapsado de acuerdo con la técnica anterior.

- 25 **[0042]** Como se ha explicado anteriormente, uno de los objetivos de la presente invención es proporcionar un procedimiento para la fabricación de una preforma óptica mejorada, es decir, una barra maciza, en la que se reduce la propiedad de falta de circularidad de la preforma óptica.

- 30 **[0043]** La invención se basa en el hallazgo de los presentes inventores de que, en el caso que el diámetro exterior del tubo sustrato que tiene capas de vidrio depositadas en el interior del mismo se aumente calentando dicho tubo sustrato por encima de su temperatura de reblandecimiento y proporcionando una presión interna en el tubo de sustrato cuya presión interna es más alta que la presión ambiente, la sección transversal de la sección "abierta" restante del tubo de sustrato se hace más y más redonda. Debido a la presión dentro del tubo de sustrato, resulta una fuerza dirigida radialmente hacia fuera del tubo, la sección transversal interna de la sección "abierta" restante se hace más y más redonda. Como tal, la sección transversal se asemeja más a un círculo perfecto.

- 35 **[0044]** Debe observarse que en el contexto de la presente invención, como un tubo de sustrato que tiene capas de vidrio depositadas en su superficie interior se entiende un precursor para una preforma primaria. Dicho tubo de sustrato comprende una pluralidad de capas de vidrio depositadas. Dicho tubo de sustrato puede obtenerse, por ejemplo, a partir de un proceso de deposición en fase vapor interna, tal como de un proceso de deposición interna asistida por plasma, por ejemplo, mediante PCVD.

- 40 **[0045]** En el contexto de la presente invención, la presión interna es la presión dentro del tubo de sustrato durante el tratamiento de colapsado. La presión ambiente es la presión que rodea el tubo del sustrato. Esta presión ambiente puede ser, por ejemplo, la presión atmosférica. Durante la etapa de aumento, el tubo de sustrato se puede colocar en un horno para calentar el tubo de sustrato por encima de su temperatura de reblandecimiento, en donde la presión ambiente que rodea al tubo de sustrato, es decir, la presión dentro del horno, puede ser diferente a la presión atmosférica.

- 45 **[0046]** En cualquier caso, los inventores descubrieron que la presión interna en el tubo de sustrato debe aumentarse con relación a la presión ambiente de tal manera que se genere una fuerza dirigida radialmente hacia fuera desde el interior del tubo de sustrato, cuya fuerza dará como resultado que la sección transversal "abierta" del tubo de sustrato aumenta y se hace más circular. Sin pretender estar ligados a ninguna teoría en particular, los inventores creen que este efecto es causado por el hecho de que el vidrio ablandado tiende a volver al estado con la tensión más baja, que resulta ser el estado circular.

- 50 **[0047]** La temperatura de reblandecimiento del tubo sustrato, de acuerdo con la presente invención, es la temperatura a la que se calienta el tubo sustrato para alcanzar una viscosidad inferior a 107,6 poises.

- 55 **[0048]** La etapa de aumentar el diámetro exterior del tubo de sustrato, calentando el tubo de sustrato por encima de su temperatura de reblandecimiento se realiza preferiblemente por una fuente de calentamiento desplazándose desde uno a otro lado del tubo de sustrato con una determinada velocidad. Esta velocidad es conocida por un experto en la materia y puede ser, por ejemplo, de entre 0,5 y 5, por ejemplo de entre 1 y 3, por ejemplo 2 centímetros por minuto.

[0049] En una realización, el procedimiento comprende además las etapas de:

- medir una diferencia de presión entre la presión interna en el tubo de sustrato y la presión ambiente, y
 - controlar la presión interna, basándose en la medición y en un valor de presión predefinido.

- 60 **[0050]** Los inventores observaron que la presión interna dentro del tubo de sustrato, requerida para obtener el efecto más circular del tubo de sustrato es relativamente baja. Por lo tanto, un pequeño aumento en la presión ambiente podría reducir el efecto de la presente invención. Como tal, midiendo la diferencia de presión entre la presión interna en el tubo de sustrato y la presión ambiente y asegurando que la presión interna es tal que se mantenga la diferencia de presión, se puede obtener un efecto máximo. Mediante el control de la presión interna basándose en la medición y en un valor de presión predefinido, la presión interna puede mantenerse a un nivel

deseado con mayor precisión. El control puede llevarse a cabo manualmente o de preferencia automáticamente por un controlador de presión.

[0051] Además, un mecanismo de control como se ha indicado anteriormente tiene la ventaja adicional de que los resultados obtenidos son reproducibles, es decir, teniendo cada tubo de sustrato una falta de circularidad similar, con su diámetro aumentado de acuerdo con la presente invención debe tener la misma o similar propiedad circular después del procedimiento según la presente invención.

[0052] El valor de presión predefinido, es decir, la diferencia entre la presión interna y la presión ambiente, puede ser cualquier valor introducido, por ejemplo, por un ingeniero mecánico, ingeniero de software, ingeniero de proceso o similar. Diferentes aspectos, tales como un tubo de tipo cuarzo, y cualidades y/o grosor de tubos de sustrato pueden requerir un punto de ajuste diferente del valor de presión predefinido. Además, el valor de presión predefinido puede ser modificado durante el proceso en caso de comprobarse o de medirse que la propiedad de circularidad de los tubos de sustrato fabricados no es la deseada.

[0053] En una realización preferida de la presente invención, con la etapa de "proporcionar una presión interna en el tubo de sustrato superior a una presión ambiente" se entiende proporcionar un valor de presión predefinido que es una diferencia entre la presión interna en el tubo de sustrato y una presión ambiente.

[0054] En otra realización, el valor de presión predefinido es de entre 10 y 100 pascales, es decir de entre 0,1 y 1 milibares, preferiblemente entre 30 y 65 pascales, más preferiblemente entre 40 y 50 pascales, e incluso más preferiblemente alrededor de 45 pascales.

[0055] Preferiblemente, la falta de circularidad del tubo de sustrato que tiene capas depositadas en el mismo, es a lo sumo del 2 por ciento, preferiblemente como máximo del 1,5%, aún más preferiblemente de como máximo del 1%. La falta de circularidad se mide mediante la siguiente ecuación:

$$2(a - b)/(a + b) * 100\%$$

donde a y b se asimilan al diámetro del núcleo de la fibra en dos direcciones ortogonales como se muestra en la figura 1.

[0056] Los inventores observaron que incluso un pequeño aumento en la presión interna en los tubos de sustrato de entre aproximadamente 10 y 100 pascales resultará en que la falta de circularidad de la preforma óptica fabricada, calculada de acuerdo con lo anterior fórmula, se reduzca aproximadamente el 1 por ciento. En otra realización más, la temperatura a que se somete el tubo de sustrato durante la etapa de incremento es, al menos, 1900 °C y/o siendo la temperatura a que se somete el tubo de sustrato durante la etapa de colapsado de, al menos, 2000 °C, o incluso, al menos, 2100 °C.

[0057] En una realización adicional, la etapa de aumentar el diámetro exterior del tubo de sustrato se realiza proporcionando una presión interna pulsante en el tubo de sustrato. En otras palabras, la presión interna puede ser aplicada continuamente durante la etapa de aumentar el diámetro o puede aplicarse intermitentemente. En el caso de que la presión interna se aplique de manera intermitente, se puede aplicar con determinada frecuencia, es decir de manera pulsante. La frecuencia de la pulsación puede ser seleccionada por un experto en la técnica y puede ser, por ejemplo, de entre 1 y 20 Hz.

[0058] En el contexto de la invención, el término "presión interna pulsante" significa que la presión interna dentro del tubo de sustrato está oscilando alrededor de un valor medio. El valor medio de dicha presión interna pulsante es el que se utiliza como valor para la presión interna. La ventaja de usar una presión pulsante es que, al mismo tiempo, el tubo de sustrato puede ser comprobado para detectar cualesquiera grietas o similares presentes en el vidrio depositado en el interior del tubo de sustrato hueco. Esto se realiza midiendo la presión en el lado de descarga para observar si el impulso observado en el lado de descarga es el mismo que en el lado de suministro donde se aplica. Si este es el caso, no existen grietas en el tubo que conducirían a una fuga del gas presurizado y, por tanto, a una pérdida de impulsos en el lado de descarga.

[0059] En otra realización, la etapa de aumentar el diámetro exterior del tubo de sustrato se realiza múltiples veces distintas. Durante el proceso de acuerdo con la presente invención, la fuente de calentamiento se mueve desde el lado de suministro al lado de descarga (movimiento hacia adelante) y hacia atrás desde el lado de descarga al lado de suministro (movimiento hacia atrás). La presente invención puede llevarse a cabo de tal manera que la etapa de aumento se lleve a cabo solamente durante un solo movimiento hacia delante. También es posible que la etapa de aumento se lleve a cabo durante un movimiento de avance y uno posterior de retroceso.

[0060] En una realización, la etapa de aumento se lleva a cabo durante más de un movimiento hacia delante y hacia atrás. En este último caso, la presión interna puede ser igual o diferente para cada uno de estos movimientos.

[0061] La etapa de colapsado se lleva a cabo habitualmente en varios movimientos hacia adelante y hacia atrás, tal como, al menos, tres movimientos hacia delante y hacia atrás. Durante cada uno de estos movimientos la presión interna puede ser igual o diferente y puede ser la misma que la presión ambiente o puede ser diferente de la presión ambiente.

[0062] La presente invención en principio añade una etapa adicional al proceso de colapsado de la técnica anterior. Esto aumentará el tiempo del proceso de colapsado. Además, dado que la etapa de aumento incrementa el diámetro exterior del tubo de sustrato, el proceso de colapsado que sigue tomará más tiempo ya que se tiene que contraer una cavidad más grande. Por lo tanto, hay un doble efecto creciente sobre la duración total del proceso de colapsado. Esto puede compensarse, en parte, aumentando la temperatura del proceso de colapsado para recuperar algo del tiempo añadido debido a los efectos mencionados anteriormente.

- 5 **[0063]** El aumento del diámetro exterior del tubo substrato que tiene capas de vidrio depositadas en la superficie interior del mismo puede estar comprendido en el intervalo del 1 al 6% después de la etapa de aumento.
- 10 **[0064]** En situaciones convencionales, la falta regularidad circular del núcleo de la fibra es generalmente aceptable en caso de que sea inferior al 2%. La presente invención ha encontrado que un aumento del diámetro exterior en el intervalo del 1 al 6% es suficiente para eliminar sustancialmente el efecto de falta de circularidad de los tubos de substrato convencionales.
- 15 **[0065]** En una realización adicional, la etapa de proporcionar un tubo de substrato que tiene capas de vidrio depositadas sobre su superficie interior comprende las etapas de:
- suministro de precursores formadores de vidrio a un tubo de substrato hueco a través de un lado de suministro del mismo, comprendiendo además el tubo de substrato hueco un lado de descarga;
 - aplicación de una fuente de calentamiento desplazándose a lo largo de una longitud del tubo de substrato hueco con el fin de generar en el tubo de substrato hueco, condiciones de deposición para dichos precursores formadores de vidrio, de manera que se proporcione un tubo de substrato que tiene capas de vidrio depositadas en su superficie interior.
- 20 **[0066]** Normalmente, el proceso de deposición interna en fase de vapor se realiza en un dispositivo diferente del correspondiente al proceso de colapsado. Como tal, la etapa de proporcionar el tubo de substrato que tiene capas de vidrio depositadas sobre su superficie interior puede comprender simplemente la etapa de colocar el tubo de substrato en el dispositivo de colapsado. En otra situación, la etapa de proporcionar al tubo substrato que tiene capas de vidrio depositadas en su superficie interior puede comprender el proceso de deposición en fase vapor, en el que un tubo substrato hueco está sujeto a precursores formadores de vidrio con la intención de depositar capas de vidrio sobre su superficie interior. Este tubo de substrato se transfiere entonces a un dispositivo de colapsado.
- 25 **[0067]** Un dispositivo de colapsado adecuado para la fabricación de una preforma óptica, comprende:
- medios de aumento dispuestos para aumentar el diámetro exterior de un tubo de substrato que tiene capas de vidrio depositadas en su superficie interior:
 - medios de calentamiento, comprendidos en el dispositivo de colapsado, y dispuestos para calentar el tubo de substrato por encima de su temperatura de reblandecimiento;
 - medios de control de presión, comprendidos en el dispositivo de colapsado, y dispuestos para proporcionar una presión interna en el tubo de substrato superior a una presión ambiente;
 - medios de colapsado dispuestos para colapsar el tubo de substrato controlando los medios de calentamiento para calentar el tubo de substrato por encima de su temperatura de reblandecimiento de tal manera que se fabrica una preforma óptica.
- 30 **[0068]** El dispositivo de colapsado adecuado para llevar a cabo el presente procedimiento puede comprender además:
- medios de medición de presión dispuestos para medir una diferencia de presión entre la presión interna en el tubo de substrato y la presión ambiente, y
 - medios de control de presión dispuestos para controlar la presión interna basándose en la medición y en un valor de presión predefinido.
- 35 **[0069]** El dispositivo de colapsado puede comprender además medios de rotación dispuestos para hacer girar el tubo de substrato alrededor de su eje longitudinal. Por lo tanto, en una realización del presente procedimiento, dicho tubo de substrato que tiene capas de vidrio depositadas en su superficie interior se hace girar durante la etapa de aumento.
- 40 **[0070]** Lo anterior tiene como ventaja que durante el proceso de colapsado, las fuerzas axiales dentro del tubo de substrato son compensadas por el movimiento giratorio producido por los medios de rotación.
- 45 **[0071]** La figura 1 describe un ejemplo de la medición cuantitativa 11 de la falta de circularidad del núcleo de una fibra.
- [0072]** Aquí, el tubo de substrato se indica con el número de referencia 12, y el núcleo del tubo se indica con el número de referencia 13.
- 50 **[0073]** Con el fin de medir la falta de circularidad del núcleo, el diámetro del núcleo debe medirse en dos direcciones ortogonales. En este caso, sería un primer diámetro "a" 14 medido desde el lado superior hasta el lado inferior del núcleo 13, y un segundo diámetro "b" 15 medido desde el lado izquierdo al lado derecho del núcleo 13. La falta de circularidad se determina entonces mediante la ecuación $2(ab) / (a + b) * 100\%$.
- [0074]** La figura 2 describe un ejemplo de un diagrama de flujo 21 que ilustra las etapas de un procedimiento de acuerdo con la presente invención.
- 55 **[0075]** El procedimiento para la fabricación de una preforma óptica en esta realización específica que comprende las etapas de:
- proporcionar un tubo de substrato que tiene capas de vidrio 22 depositadas sobre la superficie interior del mismo;
 - aumentar el diámetro exterior del tubo de substrato 23 mediante la aplicación de una fuente de calentamiento desplazándose para calentar el tubo de substrato por encima de su temperatura de reblandecimiento y proporcionando una presión interna en el tubo de substrato superior a la presión ambiente;
 - colapsar el tubo de substrato 24, que tiene un diámetro exterior aumentado, mediante la aplicación de la fuente de calentamiento desplazándose para calentar el tubo de substrato por encima de su temperatura de reblandecimiento de tal manera que se fabrica una preforma óptica.
- 60 **[0076]** La figura 3 describe un ejemplo de otro diagrama de flujo 27 que ilustra con más detalle la etapa de proporcionar un tubo de substrato con capas de vidrio depositadas, de acuerdo con la presente invención.
- 65 **[0077]** La etapa comprende:

- proporcionar un tubo de substrato 25;
 - depositar capas de vidrio en el interior del tubo substrato 26 mediante:
 - suministro de precursores formadores de vidrio al tubo de substrato hueco a través de un lado de suministro del mismo, comprendiendo además el tubo de substrato hueco un lado de descarga y
- 5 - aplicación de una zona de reacción desplazándose dentro del tubo de substrato a lo largo de una longitud del tubo de substrato hueco con el fin de generar condiciones de deposición para dichos precursores de formación de vidrio en el tubo de substrato hueco, de manera que se proporciona un tubo de substrato que tiene capas de vidrio depositadas sobre la superficie interior del mismo.
- 10 **[0078]** La presente invención no se limita a las realizaciones descritas anteriormente, y puede ser modificada y mejorada por los expertos en la técnica más allá del alcance de la presente invención, como se describe en las reivindicaciones adjuntas, sin tener que aplicar destrezas inventivas.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento (21) para la fabricación de una preforma óptica que comprende las etapas de:
- proporcionar (22, 27) un tubo de substrato (12) que tiene capas de vidrio depositadas en su superficie interior;
- 5
- aumentar (23) un diámetro exterior del tubo de substrato (12) mediante la aplicación de una fuente de calentamiento desplazándose para calentar el tubo de substrato (12) por encima de su temperatura de reblandecimiento y proporcionando una presión interna en el tubo de substrato (12) más alta que una presión ambiente, seguido por la etapa de:
- 10
- colapsar (24) el tubo de substrato (12), que tiene un diámetro exterior aumentado, mediante la aplicación de la fuente de calentamiento que se desplaza para calentar el tubo de substrato (12) por encima de su temperatura de reblandecimiento de manera que se fabrica una preforma óptica.
2. Procedimiento (21) para la fabricación de una preforma óptica de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además las etapas de:
- 15
- medir una diferencia de presión entre la presión interna en el tubo de substrato (12) y la presión ambiente, y
 - controlar la presión interna basándose en la medición y en un valor de presión predefinido.
3. Procedimiento (21) para la fabricación de una preforma óptica según la reivindicación 2, caracterizado porque el valor de presión predefinido está comprendido entre 10 y 100 pascales, preferiblemente entre 30 y 65 pascales, más
- 20
- preferiblemente entre 40 y 50 pascales, e incluso más preferiblemente alrededor de 45 pascales.
4. Procedimiento (21) para la fabricación de una preforma óptica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la temperatura a que se somete el tubo de substrato (12) durante la etapa de aumento es de, al menos, 1900° C.
- 25
5. Procedimiento (21) para la fabricación de una preforma óptica de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizado porque la temperatura a que se somete el tubo de substrato (12) durante la etapa de colapso (24) es de, al menos, 2100° C.
- 30
6. Procedimiento (21) para la fabricación de una preforma óptica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la etapa de aumentar (23) el diámetro exterior del tubo de substrato (12) se realiza múltiples veces distintas.
- 35
7. Procedimiento (21) para la fabricación de una preforma óptica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la etapa de proporcionar (22, 27) un tubo de substrato (12) con capas de vidrio depositadas sobre su superficie interior comprende las etapas de:
- proporcionar (25) un tubo de substrato (12);
 - depositar (26) capas de vidrio en el interior del tubo substrato mediante:
- 40
- suministro de precursores formadores de vidrio al tubo de substrato hueco (12) a través de un lado de suministro del mismo, incluyendo adicionalmente el tubo de substrato hueco (12) un lado de descarga, y
 - aplicación de una zona de reacción desplazándose dentro del tubo de substrato (12) a lo largo de una longitud del tubo de substrato hueco (12) con el fin de generar condiciones de deposición para dichos precursores formadores de vidrio en el tubo de substrato hueco (12), de tal manera que se proporciona un tubo de substrato (12) que tiene
- 45
- capas de vidrio depositadas sobre su superficie interior.
8. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7, en el que dicha etapa de depositar (26) capas de vidrio en el interior del tubo de substrato (12), utiliza un proceso de deposición química en fase de vapor asistida por plasma PCVD.

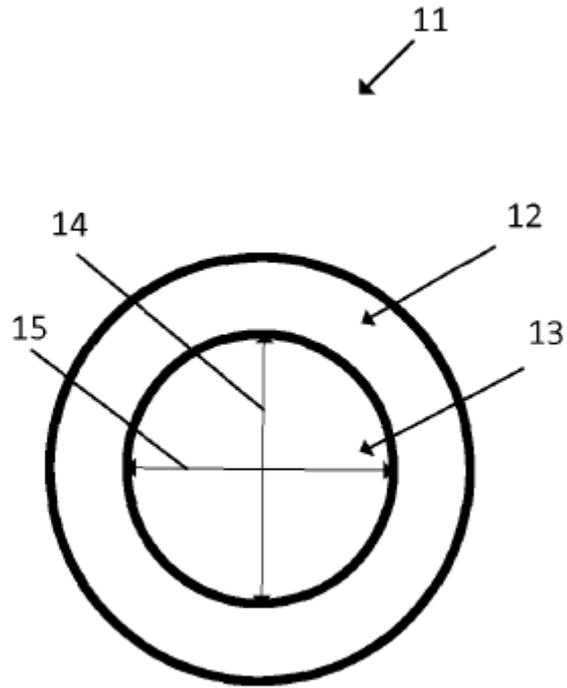


Fig. 1

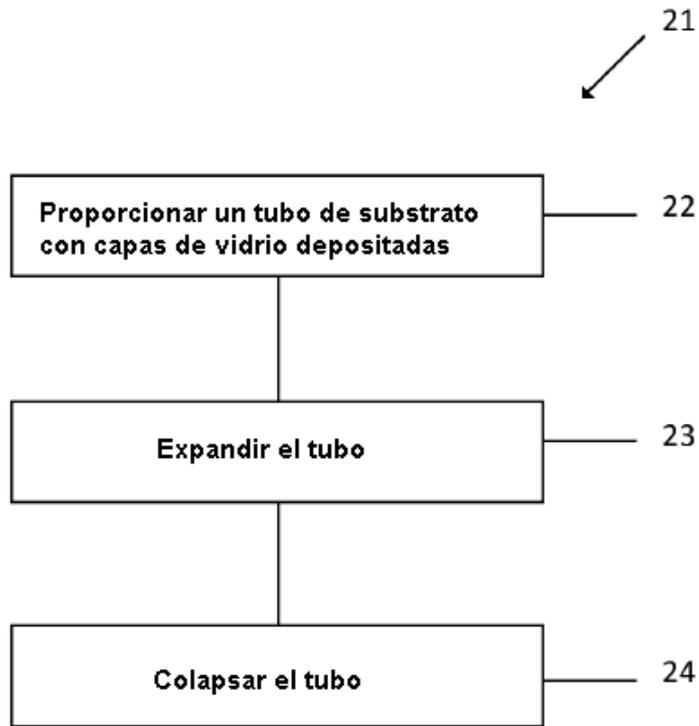


Fig. 2

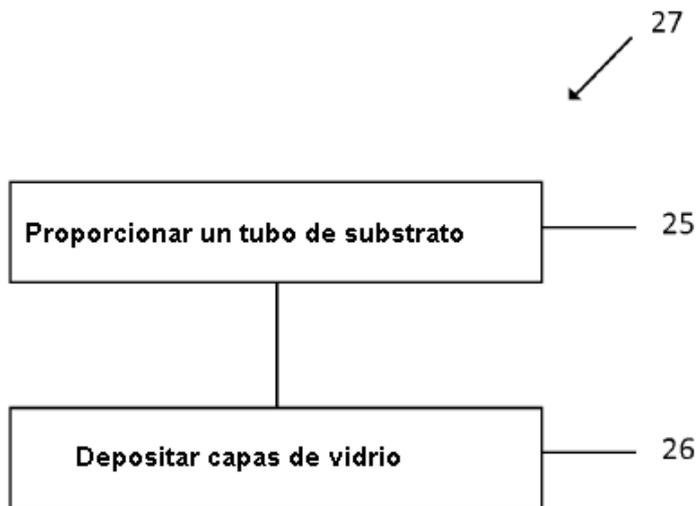


Fig. 3

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 4869743 A [0010]
- EP 0860719 A [0011]
- US 4360250 A [0012]
- US 4165224 A [0013]
- EP 0134743 A [0014]
- US 20030024278 A [0015]

10