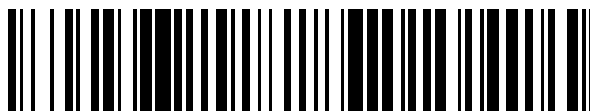


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 404 099**

51 Int. Cl.:

**C03B 37/012** (2006.01)

**C03B 37/018** (2006.01)

**G02B 6/02** (2006.01)

**C03C 13/04** (2006.01)

**C03C 17/34** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.01.2007 E 07001536 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.03.2013 EP 1813581**

54 Título: **Procedimiento para fabricar una preforma de fibra óptica, preforma de fibra óptica y fibra óptica**

30 Prioridad:

**27.01.2006 FR 0600754**

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

**23.05.2013**

73 Titular/es:

**DRAKA COMTEQ B.V. (100.0%)  
DE BOELELAAN 7  
1083 HJ AMSTERDAM, NL**

72 Inventor/es:

**GONNET, CÉDRIC;  
NOUCHI, PASCALE;  
GOOIJER, FRANS y  
REGNIER, ELISE**

74 Agente/Representante:

**ARPE FERNÁNDEZ, Manuel**

**ES 2 404 099 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 fabricar una preforma de fibra óptica, preforma de fibra óptica y fibra óptica

**[0001]** La presente invención se refiere a un procedimiento para fabricar una preforma de fibra óptica.

5 **[0002]** Una fibra óptica se fabrica estirando una preforma en una torre de estirado. Una preforma comprende, por ejemplo, una preforma primaria consistente en un tubo de vidrio de muy alta calidad, de una porción del revestimiento y del núcleo de la fibra. Esta preforma primaria es entonces sobre revestida o encamisada para aumentar su diámetro y para formar una preforma que pueda utilizarse en una torre de estirado. En este contexto, el término revestimiento interior se utiliza para indicar el revestimiento formado en el interior del tubo, y el revestimiento exterior para designar el revestimiento formado en el exterior del tubo. La operación homotética de estirado de fibra, consiste en colocar verticalmente la preforma en una torre y estirar una hebra de fibra a partir de un extremo de la preforma. Para este propósito se aplica localmente una alta temperatura a un extremo de la preforma hasta que la sílice se ablanda, la velocidad de estirado de la fibra y de la temperatura, se controla entonces permanentemente durante la operación de estirado, ya que determinan el diámetro de la fibra.

15 **[0003]** La geometría de la preforma debe cumplir estrictamente con las proporciones de los índices de refracción y diámetros del núcleo y el revestimiento de fibra, de modo que la fibra estirada tiene el perfil requerido. Para las fibras ópticas, el perfil de índice es generalmente calificado en relación con el trazado gráfico de la función que asocia el índice de refracción con el radio de la fibra. Convencionalmente, la distancia  $r$  al centro de la fibra se representa a lo largo del eje de abscisas, y la diferencia entre el índice de refracción y el índice de refracción del revestimiento exterior de la fibra se representa a lo largo del eje de ordenadas. Por consiguiente, el perfil de índice se refiere como un índice de "paso" "trapezoidal" o "triangular" por los respectivos trazados gráficos del paso, con forma trapezoidal o triangular. Estas curvas representan generalmente el perfil teórico o conjunto de la fibra, las limitaciones de fabricación de la fibra puede dar lugar a un perfil ligeramente diferente.

25 **[0004]** Una fibra óptica consta convencionalmente de un núcleo óptico cuya función consiste en transmitir, y opcionalmente amplificar una señal óptica, y de un revestimiento óptico cuya función consiste en confinar la señal óptica dentro del núcleo. Para este propósito los índices de refracción del núcleo  $n_c$  y del revestimiento  $n_g$  son tales que  $n_c > n_g$ . Como es bien sabido, la propagación de una señal óptica en una fibra óptica de modo único se descompone en un modo fundamental guiado en el núcleo y en modos secundarios guiados a cierta distancia en el conjunto núcleo-revestimiento, denominados modos de revestimiento.

30 **[0005]** Como fibra de línea para sistemas de transmisión de fibra óptica, son convencionalmente utilizadas fibras de modo único (SMF). Una fibra SMF tiene convencionalmente un núcleo de sílice germanio sin dopar para aumentar su índice de refracción, y un revestimiento de sílice pura. Para mejorar la atenuación en una fibra óptica se conoce reducir la cantidad de dopante en el núcleo. Sin embargo, ya que la diferencia de índice entre el núcleo y el revestimiento, está fijado por las propiedades de propagación deseadas de la fibra óptica, el índice del revestimiento debe entonces ser reducido o, al menos, el índice del revestimiento interior que está dopado, por ejemplo con flúor. La condición  $n_c > n_g$  para los índices de refracción del núcleo  $n_c$  y del revestimiento  $n_g$  deben cumplirse para asegurar el guiado de la señal óptica a lo largo de la fibra.

40 **[0006]** Son ya conocidas, fibras con núcleo de sílice pura, también llamadas Fibras de Núcleo de Sílice pura – PSCF. La ausencia de dopante en el núcleo de una fibra PSCF hace que sea posible limitar las pérdidas ópticas. Por tanto, una fibra PSCF convencionalmente tiene un revestimiento de sílice dopada con flúor para reducir su índice de refracción. Una fibra PSCF puede fabricarse a partir de una preforma que comprende una preforma primaria que consiste en un tubo, generalmente de cuarzo, en el que una o más capas de sílice pura dopada con flúor han sido depositadas para formar un revestimiento interior, y depositándose una o más capas de sílice pura para formar el núcleo central de la fibra. Después de depositar las capas correspondientes al núcleo y el revestimiento interior, el tubo se cierra sobre sí mismo durante una operación llamada aplastamiento. De esta manera se obtiene la preforma primaria. Esta preforma primaria es entonces sobre revestida, generalmente con partículas de sílice naturales por razones relacionadas con los costos.

50 **[0007]** Una fibra PSCF convencional, o una fibra óptica que tiene un núcleo central apenas dopado con germanio con un revestimiento dopado con flúor, por lo tanto, tiene un perfil de índice con un núcleo central de radio  $a$  e índice  $n_c$  correspondiente al índice de la sílice o ligeramente superior a la de la sílice y un revestimiento enterrado interior de radio exterior  $b$ . El revestimiento interior se dice que está enterrado ya que tiene un índice de refracción  $n_g$  que es menor que el del revestimiento exterior  $n_e$  obtenido por el sobre revestimiento o encamisado de la preforma primaria. Este revestimiento exterior es generalmente de vidrio de sílice pura y tiene sustancialmente el mismo índice de refracción que el núcleo central en una fibra PSCF.

5 **[0008]** En la estructura descrita anteriormente, con un revestimiento exterior que tiene sustancialmente el mismo índice de refracción que el núcleo central, el modo fundamental no se encuentra completamente guiado y presenta pérdidas adicionales, llamadas fugas. Para minimizar estas pérdidas por fugas, el porcentaje de la energía se propaga en el exterior, el revestimiento de sílice pura exterior debe ser reducido. Por consiguiente, la relación entre el radio exterior del revestimiento interior dopado con flúor y el radio del núcleo ( $b/a$ ) debe ser lo suficientemente alta, es decir, el revestimiento interior de sílice dopada debe extenderse al menos tan lejos como un radio  $b$  crítico, cuyo valor depende del radio del núcleo y de la diferencia  $n_c - n_g$  entre el índice del núcleo y el índice del revestimiento interno; para una fibra de modo único, se considera que una relación entre el radio del revestimiento interior y el radio de el núcleo que es 8 o mayor ( $b/a > 8$ ) asegura un buen confinamiento de la señal óptica en el núcleo central y un nivel aceptable de pérdidas por fugas.

10 **[0009]** Para aumentar el diámetro exterior del revestimiento dopado con flúor, el documento JP 55100233 propone la utilización de un tubo de sílice dopado con flúor para la fabricación de la preforma primaria.

15 **[0010]** Asimismo, la capacidad de una preforma se define como la cantidad de longitud de fibra óptica que puede extenderse a partir de esta preforma. Cuanto mayor sea el diámetro de la preforma, mayor la capacidad de esta. Para reducir los costes de fabricación, es deseable proporcionar grandes longitudes de fibras lineales a partir de una misma preforma. Por lo tanto, es deseado fabricar preformas de gran diámetro, respetando las limitaciones antes mencionadas con respecto a los diámetros del núcleo central y del revestimiento dopado con flúor.

20 **[0011]** En este contexto, bien la relación entre el radio exterior de la preforma primaria y el radio del núcleo central es relativamente alta y la cantidad de sílice a depositar en el interior del tubo es alta: la preforma primaria es costosa y el procedimiento no es muy productivo, o la relación entre el radio exterior del tubo y el radio del núcleo central es relativamente baja y la fibra óptica obtenida mediante estiramiento de la preforma final no tiene buenas propiedades y su atenuación es sustancialmente mayor.

25 **[0012]** El documento EE.UU. 4.691.990 se refiere a una fibra óptica de modo múltiple que comprende un núcleo, al menos un primer revestimiento que rodea el núcleo, y un segundo revestimiento que rodea el primer revestimiento, consistiendo el núcleo y el primer revestimiento en vidrio producido in situ por medio de una reacción de formación de vidrio, siendo el segundo revestimiento la porción más externa de vidrio de la fibra óptica y consistiendo en vidrio derivado a partir de un tubo preexistente que comprende sílice.

30 **[0013]** El documento EE.UU. 2002/0168162 se refiere a un procedimiento de fabricación de una preforma para ser extendida en una fibra óptica, comprendiendo dicho procedimiento:

35 utilizar deposición de vapor químico para formar revestimiento interior dentro de un tubo de deposición, presentando el tubo de deposición un índice de refracción más bajo que el de la sílice y presentando el revestimiento interior un índice sustancialmente igual al índice del tubo de deposición, aplastamiento del tubo de deposición con el revestimiento interior y el núcleo, y depósito de material de fabricación alrededor del tubo aplastado, presentando el material de fabricación un índice sustancialmente igual al índice del tubo de deposición.

40 **[0014]** La EP 1544175 propone fabricar una preforma con una porción del revestimiento exterior de sílice dopado con flúor a fin de aumentar el diámetro total del revestimiento dopado con flúor sin aumentar costosamente el diámetro de la preforma primaria. La preforma primaria se obtiene por depósitos sucesivos de capas de sílice dopado sobre un tubo de sílice dopado con flúor, a continuación, esta preforma primaria es sobre revestida con una primera capa de partículas de sílice sintética dopadas con flúor luego con una capa de partículas de sílice natural. El sobre revestimiento con partículas de sílice sintética dopadas con flúor hace posible aumentar el diámetro del revestimiento dopado con flúor para un mismo diámetro de núcleo, y la reducción de pérdidas por fugas. El sobre-revestimiento de la preforma primaria utilizando partículas de sílice dopado con flúor es menos costosa que la deposición de sílice dopado con flúor en el interior del tubo. Sin embargo las partículas de sílice dopadas con flúor son partículas sintéticas, que son mucho más caras que las partículas de sílice natural.

50 **[0015]** El documento EE.UU. 2002/0144521 describe un procedimiento para fabricar una preforma de gran capacidad. Este documento propone fabricar una preforma primaria mediante el depósito de un núcleo central de gran diámetro dentro de un tubo dopado con cloro y flúor. El tubo está dopado con flúor para compensar el aumento del índice de refracción generado por el dopado con cloro. El tubo se dopa con cloro para limitar la presencia de grupos OH que se degradan las propiedades de transmisión óptica en el núcleo central. La utilización de dicho tubo dopado con cloro y flúor hace que sea posible reducir el espesor del revestimiento interior depositado en el tubo con el fin de producir una preforma primaria que tenga un diámetro núcleo central aumentado. Esta preforma primaria es entonces sobre revestida para obtener una preforma final de gran diámetro y por lo tanto de gran capacidad. El tubo dopado con cloro y flúor protege el núcleo central contra

impurezas traídas por el proceso de sobre revestimiento con partículas de sílice naturales. Sin embargo, el índice de refracción de este tubo es sustancialmente el mismo que el de la sílice pura.

5 **[0016]** El compromiso entre la fabricación de una preforma de bajo costo que tenga una amplia capacidad de estirado para una fibra óptica que tenga pérdidas ópticas reducidas con un núcleo central que no esté o sólo apenas dopado y que tenga un revestimiento interior dopado con flúor, esta aun por mejorar.

10 **[0017]** La invención por lo tanto propone la utilización de un tubo de sílice dopado con flúor, que es suficientemente grueso para limitar la cantidad de sílice depositada en el interior del tubo y para permitir un sobre revestimiento con partículas de sílice naturales, garantizando al mismo tiempo una relación entre el diámetro del revestimiento dopado con flúor y el diámetro del núcleo (b/a) que sea suficientemente alta para asegurar el confinamiento de la señal óptica en el núcleo central.

15 **[0018]** En particular, la invención propone un procedimiento de fabricación de una preforma primaria que tiene un área de sección transversal, comprendiendo dicho procedimiento las etapas de realizar un depósito de un revestimiento interior y un núcleo central dentro de un tubo de sílice dopado de flúor, seguida por el aplastamiento del tubo obtenido de esta manera para formar la preforma primaria, en el que el tubo se elige de manera que su área de sección transversal es como máximo el 15%, preferiblemente como máximo el 10% menor que el área de sección transversal de la preforma primaria obtenida a partir de dicho tubo después del aplastamiento.

20 **[0019]** Además, la presente invención propone un procedimiento de fabricación de una preforma de fibra óptica por sobre revestimiento de la preforma primaria obtenida de este modo, utilizando partículas de sílice para obtener un sobre revestido sobre la superficie exterior de dicha preforma primaria.

25 **[0020]** En una realización, la invención propone un procedimiento para fabricar una preforma de fibra óptica final mediante sobre revestimiento de una preforma primaria que tiene un área de sección transversal total predeterminada, comprendiendo el procedimiento, al menos, una etapa de fabricación de la preforma primaria mediante depósito de un revestimiento interior y un núcleo central dentro de un tubo de sílice dopada con flúor, eligiéndose dicho tubo de tal manera que su área de sección transversal es como máximo el 15%, preferiblemente como máximo el 10%, menor que el área de sección transversal de la preforma primaria.

**[0021]** Conforme a una realización, el sobre revestimiento se lleva a cabo utilizando partículas de sílice natural

**[0022]** De acuerdo con una característica, el tubo elegido tiene un área de sección transversal mayor que  $700 \text{ mm}^2$ .

**[0023]** De acuerdo con una característica, el tubo elegido tiene un área de sección transversal menor que  $1.500 \text{ mm}^2$ .

30 **[0024]** De acuerdo con una característica, el tubo elegido tiene un área de sección transversal menor que  $1.000 \text{ mm}^2$ .

**[0025]** De acuerdo con una característica, el depósito interior del tubo se controla para que la relación entre el radio exterior de la preforma primaria y el radio de núcleo central sea superior o igual a 8.

**[0026]** Conforme a una característica, el depósito del revestimiento interior está hecho de sílice dopada con flúor o sílice dopada con flúor y germanio.

35 **[0027]** De acuerdo con una característica, el depósito del núcleo central está hecho de sílice pura, sílice ligeramente dopada con germanio o sílice ligeramente dopada con germanio y flúor.

**[0028]** La invención propone también una preforma de fibra óptica final que comprende:

40 - una preforma primaria con un área de sección transversal predeterminada, y que consta de un tubo de sílice dopado con flúor que tiene un área de sección transversal que es como máximo el 15%, preferiblemente como máximo el 10%, menor que el área de sección transversal total de la preforma primaria en cuyo tubo está presente un depósito de un revestimiento interior y un núcleo central;

- un sobre revestimiento sobre la superficie exterior de la preforma primaria,

**[0029]** De acuerdo con a una realización, el tubo de sílice contiene flúor en una concentración comprendida entre un 1 y un 2% en peso.

45 **[0030]** De acuerdo con una realización, el depósito del revestimiento interior es de sílice dopada con flúor o sílice dopada con flúor y germanio.

**[0031]** De acuerdo con una realización, el depósito del núcleo central es de sílice pura, sílice ligeramente dopada con germanio o sílice ligeramente dopada con germanio y flúor.

**[0032]** De acuerdo con una realización, el sobre revestido está hecho de sílice, preferiblemente sílice natural.

**[0033]** Conforme a una característica, la relación entre el diámetro exterior de la preforma primaria y el diámetro del núcleo central es superior o igual a 8.

5 **[0034]** La presente invención también se refiere a una preforma de fibra óptica en la que la preforma, vista desde el centro hacia la periferia, consta de un núcleo central que tiene un índice de refracción  $n_c$  y un radio  $a$ , una primera porción del revestimiento interior formada por un depósito (11) de un revestimiento interior con un índice de refracción  $n_{g1}$  y con un radio exterior que corresponde a  $\Phi_i$ , una segunda porción del revestimiento interior formada por el tubo (10) con un índice de refracción  $n_{g2}$  y con un radio exterior correspondiente a  $\Phi_e$ , y un revestimiento exterior (16) que tiene un índice de refracción  $n_e$  con un radio  $R_{oc}$ , en donde  $a < \Phi_i < \Phi_e < R_{oc}$ .

10 **[0035]** Según una característica, el valor absoluto de la diferencia de índice de refracción entre la segunda porción del revestimiento interior formada por el tubo y la primera porción del revestimiento interior formada por depósito del revestimiento interior, es decir  $|n_{g2}-n_{g1}|$ , es igual o menor que el 10% de la diferencia de índice de refracción entre el núcleo y la segunda porción del revestimiento interior formada por el tubo, es decir  $|n_c-n_{g2}|$ .

15 **[0036]** Según otra característica,  $|n_{g2}-n_{g1}|$  es igual o menor que el 1 % de  $|n_c-n_{g2}|$ .

**[0037]** La invención también concierne a una fibra óptica obtenida mediante estiramiento de la preforma final de la invención.

**[0038]** Según una característica, para una longitud de onda de 1.550 nm, la fibra óptica tiene unas pérdidas de 0,18 dB/km o menos.

20 **[0039]** Otras ventajas y características de la invención se pondrán de manifiesto de la lectura de la siguiente descripción de realizaciones de la invención dados como ejemplos y con referencia a los dibujos que muestran:

- La figura 1, una vista esquemática en sección transversal de una preforma de la invención,

25 - La figura 2, un ejemplo de un perfil de índice de conjunto para una fibra óptica obtenida mediante estiramiento de la preforma de la invención referida a una vista esquemática de sección transversal de una preforma de la invención (no a escala).

- La figura 3, otro ejemplo de un perfil de índice de conjunto para una fibra óptica obtenida mediante estiramiento de la preforma de la invención referida a una vista esquemática de sección transversal de una preforma de la invención (no a escala).

**[0040]** La invención propone un procedimiento para fabricación de una preforma de fibra óptica

30 **[0041]** Se fabrica una preforma primaria a partir de un tubo grueso de sílice dopada con flúor. Como tubo grueso se entiende un tubo que tiene un espesor de pared grande. El área de sección transversal del tubo es como máximo el 15%, preferiblemente como máximo el 10%, menor que el área de sección transversal total de la preforma primaria, es decir, una gran parte del revestimiento interior (la segunda porción del revestimiento interior) de la preforma primaria consiste en el tubo grueso dopado con flúor. Una pequeña porción del revestimiento interior de la preforma primaria (la primera porción del revestimiento interior), está formada por el depósito de un revestimiento interior dentro del tubo. Para un espesor deseado del revestimiento interior, se observa lo siguiente. Cuanto mayor sea el espesor de la pared del tubo que forma el revestimiento interno, menor es el espesor requerido del depósito del revestimiento interior. La cantidad de depósito en el interior del tubo es por tanto limitada y puede fabricarse una preforma primaria de gran capacidad a bajo costo. El tubo puede tener un área de sección transversal de más de 700 mm<sup>2</sup>, por ejemplo 900 mm<sup>2</sup>, y una concentración de flúor comprendida entre el 1 y el 2% en peso. La mayoría de los tubos utilizados hasta ahora para la fabricación de una preforma primaria tienen un área de sección transversal de menos de 400 mm<sup>2</sup>.

45 **[0042]** La preforma primaria se fabrica mediante sucesivos depósitos, en el interior del tubo, de capas de sílice dopada con flúor para formar un revestimiento interior, y de capas de sílice pura o ligeramente dopada con germanio para formar un núcleo central. Los depósitos en el interior del tubo son de tipo de deposición de vapor químico - CVD. Este tipo de depósito se realiza mediante la inyección de una mezcla gaseosa en el interior del tubo que consiste de precursores tales como tetracloruro de silicio (SiCl<sub>4</sub>), tetracloruro de germanio (GeCl<sub>4</sub>), oxocloruro de fósforo (POCl<sub>3</sub>), tetrafluoruro de silicio (SiF<sub>4</sub>) o hexafluoretano (C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>) y oxígeno. La oxidación de dichos precursores hace que sea posible sinterizar las diferentes capas que forman el núcleo y el revestimiento interior de la preforma primaria. El tipo de deposición CDV abarca la deposición química en fase de vapor modificada MCVD, la deposición química en fase de vapor por horno FCVD y la deposición química en fase de vapor asistida por plasma PCVD.

50

**[0043]** Después del depósito del revestimiento interior y del núcleo central, la preforma primaria es aplastada. Después del aplastamiento, la preforma obtenida primario es sobre revestida con partículas de sílice, preferiblemente partículas naturales de sílice de bajo coste, para así obtener una preforma final. El sobre revestimiento de la preforma final se puede hacer mediante depósito por plasma en el cual las partículas de sílice (natural) son insufladas y fundidas por un soplete de plasma bajo una temperatura en la región de 2300°, de modo que son vitrificadas sobre la periferia de la preforma primaria. La operación sobre revestimiento se lleva a cabo generalmente en una cabina cerrada bajo una atmósfera controlada para asegurar la protección contra perturbaciones electromagnéticas y la liberación de ozono emitido por el soplete de plasma.

**[0044]** La figura 1 muestra una vista en sección transversal de la preforma de fibra óptica final de la invención. La preforma de fibra óptica final, se obtuvo por un sobre revestido 16 de una preforma primaria 15. La preforma primaria 15 tiene un área de sección transversal total que es predeterminada en relación con la capacidad deseada de la fibra estirada. La preforma primaria 15 se fabricó por depósito, CVD, 11 de capas de dopado y/o sílice puro en el interior de un tubo 10. Según la invención, el tubo 10 utilizado para fabricar la preforma primaria 15 es un tubo 10 de sílice dopado con flúor, preferiblemente en una concentración comprendida entre el 1 y el 2% en peso. Además, el tubo 10 de sílice dopada con flúor usado en el método de la invención es grueso, es decir, tiene un espesor de pared grande, con un área de sección transversal designada por la abreviatura CSA que es como máximo el 15%, preferiblemente como máximo el 10%, menor que el área de sección transversal total de la preforma 15. Por ejemplo, el tubo 10 puede tener un área de sección transversal de más de 700 mm<sup>2</sup> y preferiblemente menor de 1.500 mm<sup>2</sup>, más preferiblemente menor de 1.000 mm<sup>2</sup>. El área de sección transversal se expresa como sigue:

$$CSA = \frac{\pi}{4} (\Phi_e^2 - \Phi_i^2)$$

donde  $\Phi_e$  y  $\Phi_i$  son respectivamente los radios externo (exterior) e interno (interior) del tubo 10.  $R_{oc}$  designa el radio del revestimiento externo.

**[0045]** Para obtener un CSA de alto valor, mayor de 700 mm<sup>2</sup> y preferiblemente inferior de menos de 1.500 mm<sup>2</sup>, más preferiblemente menor de 1.000 mm<sup>2</sup>, el tubo 10 debe tener tanto un gran diámetro externo como un diámetro interno pequeño, es decir, debe tener un gran espesor de pared.

**[0046]** Para fabricar una fibra óptica con un núcleo central que no está dopado o solo ligeramente dopado con germanio, la presencia de flúor en el tubo 10 y el gran espesor de pared del tubo 10 permiten limitar el grosor del revestimiento interior dopado con flúor a depositar en el interior del tubo 10, sin que sea necesario depositar un revestimiento exterior dopado con flúor para garantizar las características de propagación de la señal dentro del núcleo. La ventaja de dopado con flúor está en que reduce la influencia del pico de agua, especialmente en un proceso PCVD.

**[0047]** El pequeño diámetro interior  $\Phi_i$  del tubo 10 hace posible limitar el espesor de las capas depositadas en el interior del tubo 10, siendo los depósitos de tipo CVD relativamente costosos. Sólo el núcleo central y una pequeña porción del revestimiento interior dopado con flúor se depositan en el interior del tubo 10. El gran tamaño del diámetro exterior  $\Phi_e$  del tubo 10, permite la utilización de partículas de sílice naturales para el sobre revestido 16 de la preforma primaria 15, que es menos costoso, garantizando al mismo tiempo un amplio revestimiento enterrado en la fibra óptica obtenida después de estirado de fibra.

**[0048]** Por lo tanto, es posible fabricar preformas primarias 15 con un gran núcleo central que ocupa una gran porción de las capas 11 depositadas en el interior del tubo 10, y por lo tanto aumentar la capacidad de estirado de la preforma de fibra óptica final, sin deterioro de las características de propagación de la señal óptica.

**[0049]** Por ejemplo a partir de un tubo 10 que tiene un área de sección transversal de 900 mm<sup>2</sup>, es posible fabricar una preforma primaria 15 que tenga un área de sección transversal de 1.035 mm<sup>2</sup> depositando sólo 135 mm<sup>2</sup> lineal de depósito 11 de sílice a través de CVD. El costo de fabricación de dicho preforma primaria 15 es por lo tanto reducido. Más en general, el área de sección transversal de la preforma primaria 15 sólo será del 10% al 15% mayor que el área de sección transversal del tubo 10. La cantidad de depósito 11 dentro del tubo 10, está limitada en el método de la invención. Además, a partir de dicha preforma primaria 15, con un área de sección transversal del orden de 1.035 mm<sup>2</sup>, es posible, después llevar a cabo el sobre revestimiento 16, para obtener una preforma de fibra óptica final de gran diámetro que permite el estirado de una gran longitud de fibra, es decir, aproximadamente 250 km de fibra para una preforma de fibra óptica final de 1 metro.

- 5 **[0050]** El grueso tubo 10 de sílice dopada con flúor puede ser fabricado usando la llamada técnica de sol-gel conocida como tal, consistente en la fabricación de un gel de sílice que se moldea en forma de tubo y se seca. Se obtiene un tubo rígido, pero poroso, que se densifica en una corriente de aire caliente. Un dopante de flúor puede ser añadido directamente al gel de sílice o durante el calentamiento de secado del tubo mediante la inyección de un gas fluorado.
- [0051]** La figura 2 muestra un perfil de índice conjunto de la fibra obtenida por estirado homotético de la presente preforma de fibra óptica, este perfil de índice conjunto se refiere en dicha figura 2 para una vista en sección transversal de una preforma de acuerdo con la presente invención (no a escala).
- 10 **[0052]** Como puede verse en la figura 2 el núcleo central con radio  $a$  e índice de refracción  $n_c$ , sustancialmente igual al índice de refracción del revestimiento exterior  $n_e$  correspondiente al índice de la sílice pura. El núcleo puede ser de sílice puro o sílice dopada ligeramente y siendo el revestimiento exterior, preferiblemente, de sílice pura, por las razones relativas a los costes mencionados anteriormente. Un revestimiento interior con índice de refracción  $n_g$  separa el núcleo del revestimiento exterior. El revestimiento interior está enterrado, es decir, su índice de refracción  $n_g$  es menor que el índice del revestimiento exterior  $n_e$ . Esta condición se establece por el hecho de que el núcleo central tiene un índice de refracción  $n_c$  próximo al de la sílice pura y la relación  $n_c > n_g$  se debe mantener para garantizar la propagación de la señal óptica.
- 15 **[0053]** Para tal propósito, el revestimiento interior es de sílice dopada con flúor. Como se indicó anteriormente, el revestimiento interior de la fibra corresponde a la zona de la presente preforma que cubre el tubo 10 y el revestimiento interior depositado en el interior del tubo 10. Más específicamente, el revestido enterrado comprende capas de sílice dopada con flúor, depositadas mediante depósito PCVD por ejemplo, dentro del tubo 10 y el propio tubo 10.
- 20 **[0054]** En el dibujo de la figura 2 se muestra el radio del núcleo  $a$ , el radio del revestimiento interior depositado en el tubo 10 y que se corresponde con el radio interior  $\Phi_i$  del tubo 10 y el radio exterior  $\Phi_e$  del tubo 10 que corresponde al radio exterior  $b$  del revestimiento dopado con flúor. El radio exterior  $b$  del revestimiento dopado con flúor por lo tanto, corresponde al radio exterior de la preforma primaria 15 obtenida por el procedimiento de fabricación de la invención antes del sobre revestimiento. Por lo tanto, de acuerdo con las definiciones dadas anteriormente, la relación  $b/a$  o  $\Phi_e/a$  es de 8 o más. La señal óptica que se propaga en una fibra que tiene el perfil de índice de la figura 2 será por tanto, confinada de manera efectiva en el núcleo central sea dopado ligeramente o sin dopar.
- 25 **[0055]** En la figura 3 se muestra otra forma de realización de la presente invención. La figura 3 muestra otro perfil de índice de conjunto de la fibra obtenida por estiramiento homotético de la presente preforma de fibra óptica, este perfil de índice de conjunto se refiere en la figura 3 en una vista en sección transversal de una preforma de acuerdo con la presente invención (no a escala). En esta realización, el índice de refracción del revestimiento interior se compone de dos niveles, en primer lugar, el índice de refracción  $n_{g1}$  de la parte pequeña o primera del revestimiento interior formado por el depósito 11 del revestimiento interior y en segundo lugar el índice de refracción  $n_{g2}$  de la porción grande o segunda del revestimiento interior formado por el tubo 10. Se prefiere que los dos niveles sean el mismo, siendo  $n_{g1} = n_{g2}$ . Sin embargo, es posible que se produzcan pequeñas variaciones durante la deposición del revestimiento interior en el interior del tubo 10. El valor absoluto de la diferencia de índice de refracción entre el revestimiento interior formado por el tubo (10) y el depósito (11) del revestimiento interior, a saber entre  $n_{g2}$  y  $n_{g1}$  ( $|n_{g2} - n_{g1}|$ ) es de manera preferida igual o inferior al 10%, más preferiblemente al 1%, de la diferencia de índice de refracción entre el revestimiento interior formado por el tubo (10) y el depósito (11) del revestimiento interior, a saber entre  $n_c$  y  $n_{g2}$  ( $|n_c - n_{g2}|$ ). Esto significa que el nivel de  $n_{g1}$  puede estar ligeramente por encima o ligeramente por debajo del nivel de  $n_{g2}$ .
- 30 **[0056]** Las pérdidas ópticas en una fibra estirada a partir de la preforma de la invención serán 0,18 dB/km o menores para una longitud de onda de transmisión de 1.550 nm. Con el método de la invención, es por lo tanto posible fabricar una preforma de gran capacidad a un costo reducido que permite el estirado de una fibra óptica que tiene reducidas pérdidas de transmisión.
- 35 **[0056]** Las pérdidas ópticas en una fibra estirada a partir de la preforma de la invención serán 0,18 dB/km o menores para una longitud de onda de transmisión de 1.550 nm. Con el método de la invención, es por lo tanto posible fabricar una preforma de gran capacidad a un costo reducido que permite el estirado de una fibra óptica que tiene reducidas pérdidas de transmisión.
- 40 **[0056]** Las pérdidas ópticas en una fibra estirada a partir de la preforma de la invención serán 0,18 dB/km o menores para una longitud de onda de transmisión de 1.550 nm. Con el método de la invención, es por lo tanto posible fabricar una preforma de gran capacidad a un costo reducido que permite el estirado de una fibra óptica que tiene reducidas pérdidas de transmisión.
- 45 **[0056]** Las pérdidas ópticas en una fibra estirada a partir de la preforma de la invención serán 0,18 dB/km o menores para una longitud de onda de transmisión de 1.550 nm. Con el método de la invención, es por lo tanto posible fabricar una preforma de gran capacidad a un costo reducido que permite el estirado de una fibra óptica que tiene reducidas pérdidas de transmisión.

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para fabricar una preforma de fibra óptica (15) que comporta un área de sección transversal, comprendiendo dicho método etapas de fabricar un depósito (11) de un revestimiento interior y un núcleo central en el interior de un tubo de sílice dopada con flúor (10), seguida de un aplastamiento del tubo así obtenido para conformar una preforma primaria (15), y un sobre revestimiento de dicha preforma primaria (15) utilizando partículas de sílice para obtener un sobre revestimiento (16) sobre la superficie exterior de la preforma primaria (15), caracterizado porque el depósito es del tipo de deposición química en fase de vapor asistida por plasma (PCVD) y eligiéndose el tubo (10) de manera que su superficie de sección transversal sea a lo sumo inferior al 15% de la superficie de sección transversal de la preforma primaria (15) obtenida a partir de dicho tubo (10) después de su aplanado, en el que el sobre revestimiento se realiza utilizando partículas de sílice natural, teniendo dicho tubo (10) una superficie de sección transversal superior a  $700 \text{ mm}^2$  e inferior a  $1.600 \text{ mm}^2$
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, donde la sección transversal del tubo (10) es como máximo un 10% menor que el área de sección transversal de la preforma primaria (15).
3. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, donde el depósito (11) en el interior del tubo (10) se controla de manera que la relación entre el radio exterior de la preforma primaria (15) y el radio del núcleo central sea mayor a 8.
4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, donde el depósito (11) del revestimiento está hecho a base de sílice dopada con flúor o de sílice dopada con flúor y germanio.
5. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el depósito (11) del núcleo central está hecho a base de sílice pura, sílice dopada con germanio o sílice dopada con germanio y flúor.
6. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, donde el tubo (10) tiene un área de sección transversal menor que  $1.000 \text{ mm}^2$ .
7. Preforma de fibra óptica que comprende:
- una preforma primaria (15) con un área de sección transversal y que consiste en un tubo (10) de sílice dopada con flúor, en cuyo tubo está presente un revestimiento interior y un núcleo central, caracterizada por que el área de sección transversal de dicho tubo (10) es como máximo un 15% menor que la sección transversal de dicha preforma primaria (15), donde
  - un revestimiento (16) hecho de sílice natural está presente sobre la superficie exterior de la preforma primaria (15), donde la relación entre el diámetro exterior de la preforma primaria (15) y el diámetro de núcleo central es mayor o igual a 8.
8. Preforma de fibra óptica según la reivindicación 7, en la que la sección transversal del tubo (10) es como máximo un 10% menor que el área de sección transversal de la preforma primaria (15).
9. Preforma de fibra óptica de acuerdo con una de las reivindicaciones 7 y 8, en la que el tubo (10) contiene flúor en una concentración comprendida entre un 1 y un 2% en peso.
10. Preforma de fibra óptica de acuerdo con una de las reivindicaciones 7 a 9, donde el depósito (11) del revestimiento interior está hecho a base de sílice dopada con flúor o sílice dopada con flúor y germanio.
11. Preforma de fibra óptica de acuerdo con una de las reivindicaciones 7 a 10, en la que el depósito (11) del núcleo central está hecho a base de sílice, sílice dopada con germanio o sílice dopada con germanio y flúor.
12. Preforma de fibra óptica de acuerdo con una de las reivindicaciones 7 a 11, en la que dicha preforma, vista desde el centro a la periferia, consta de un núcleo central con un índice de refracción  $n_c$  y un radio  $a$ , una primera porción del revestimiento interior formado por un depósito (11) de un revestimiento interior con un índice de refracción  $n_{g1}$  y con un radio exterior correspondiente a  $\Phi_i$ , de una segunda porción del revestimiento interior formado por el tubo (10) que tiene un índice de refracción  $n_{ga}$  y un radio exterior correspondiente a  $\Phi_e$  y un revestimiento exterior (16) que tiene un índice de refracción  $n_e$  con un radio  $R_{as}$ , donde  $a < \Phi_i < \Phi_e < R_{oc}$ .
13. Preforma de fibra óptica de acuerdo con la reivindicación 12, en la que el valor absoluto de la diferencia de índice de refracción entre la segunda porción del revestimiento interior formado por el tubo (10) y la primera porción del revestimiento interior formado por el depósito (11) de revestimiento interior, es decir  $|n_{g2} - n_{g1}|$ , es



igual o menor que un 10% de la diferencia de índice de refracción entre el núcleo central y la segunda porción del revestimiento interior formado por el tubo (10), es decir  $|n_{g6}-n_{g2}|$ .

14. Preforma de fibra óptica de acuerdo con la reivindicación 13 donde  $|n_{g2}-n_{g1}|$  es igual o menor del 1% de  $|n_c-n_{gs}|$ .

5 15. Fibra óptica estirada a partir de una preforma de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 14.

16. Fibra óptica de la reivindicación 15 que tiene pérdidas de transmisión menores o iguales a 0,18 dB/km para una longitud de onda de 1.550 nm.

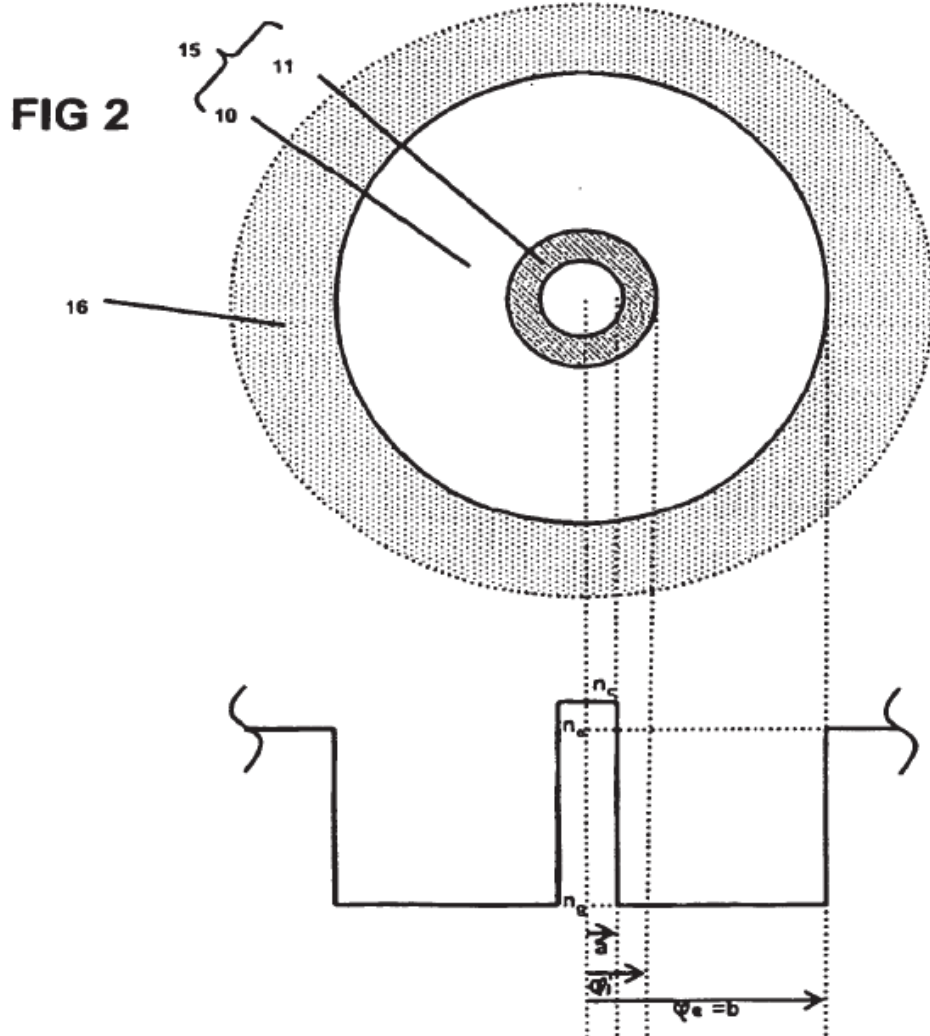
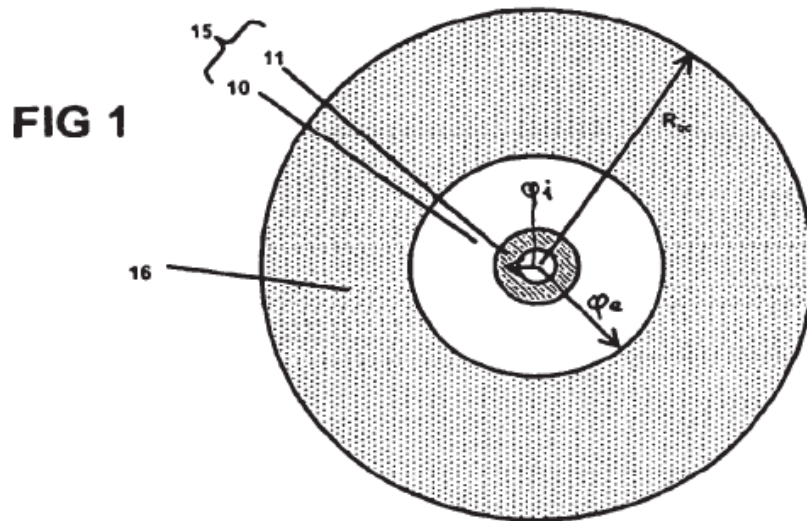
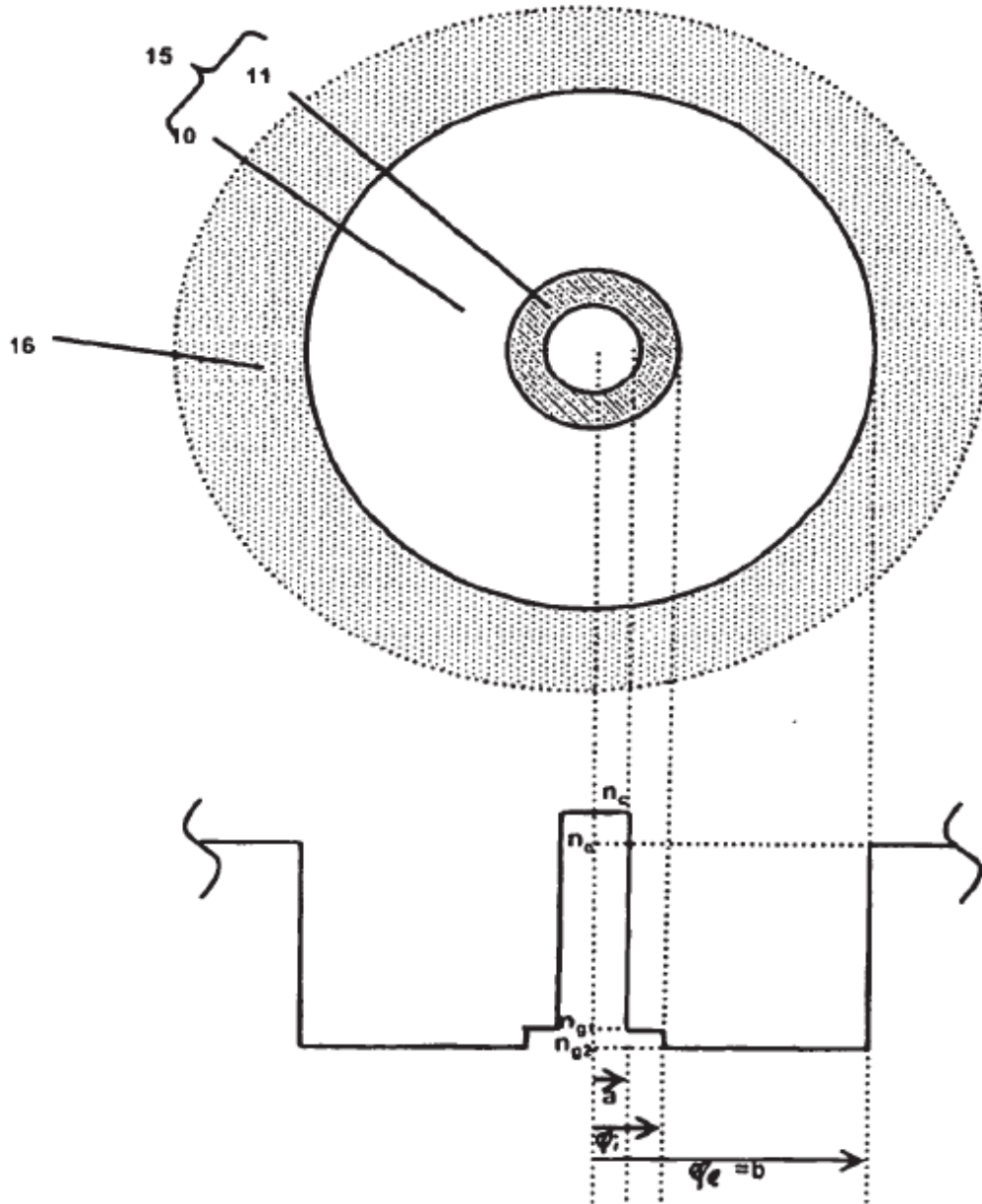


FIG 3



**Referencias citadas en la descripción**

Esta lista de referencias citadas por el solicitante es sólo para conveniencia del lector. No forma parte del documento de patente europea. A pesar de que gran cuidado se ha tomado en la compilación de las referencias, los errores u omisiones que no pueden ser excluidos y la OEP, declina toda responsabilidad en este aspecto.

5

**Los documentos de patente citados en la descripción**

- JP 55100233 B [0009]
- EP 1544175 A [0014]
- US 4691990 A [0012]
- US 20020144521 A [0015]
- US 20020168162 A [0013]