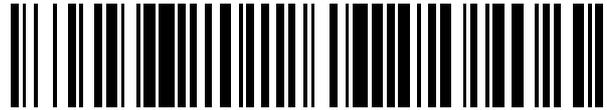


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 501 645**

51 Int. Cl.:

C03B 37/018 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.04.2011** **E 11161817 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.06.2014** **EP 2377825**

54 Título: **Proceso de deposición en fase de vapor interna**

30 Prioridad:

13.04.2010 NL 2004546

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

02.10.2014

73 Titular/es:

DRAKA COMTEQ B.V. (100.0%)
De Boelelaan 7
1083 HJ Amsterdam, NL

72 Inventor/es:

MILICEVIC, IGOR;
VAN STRALEN, MATTHEUS JACOBUS
NICOLAAS;
HARTSUIKER, JOHANNES ANTOON;
ALDEA, EUGEN y
KUIJPERS, ERIC ALOYSIUS

74 Agente/Representante:

ARPE FERNÁNDEZ, Manuel

ES 2 501 645 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 de deposición en fase de vapor interna

- 5 **[0001]** La presente invención se refiere a un método para fabricar una preforma primaria para fibras ópticas utilizando un proceso de deposición en fase de vapor interna, que comprende las etapas de:
- i) proporcionar un tubo de sustrato de vidrio hueco que tiene un lateral de alimentación y un lateral de descarga,
 - ii) rodear, al menos, parte del tubo de sustrato de vidrio hueco mediante un horno,
 - iii) suministrar un flujo de gas, dopado o no dopado, de gases de formación de vidrio al interior del tubo de sustrato
 - 10 de vidrio hueco a través del lado de descarga del mismo,
 - iv) crear una zona reactiva en la que se crean condiciones tales que la deposición de vidrio tenga lugar en el interior del tubo de sustrato de vidrio hueco, y
 - v) desplazar la zona reactiva en vaivén en dirección longitudinal sobre el tubo de sustrato de vidrio hueco entre un punto de inversión situado cerca del lado de alimentación y un punto de inversión situado cerca del lado de descarga
 - 15 del tubo de sustrato de vidrio hueco.
- [0002]** La presente invención se refiere además a un método para fabricar una preforma final para fibras ópticas.
- [0003]** La presente invención se refiere además a un método para fabricar una fibra óptica.
- [0004]** Un método tal es conocido per se a partir de la solicitud de patente EE.UU 2005/0000253. Más en particular, dicha solicitud de patente describe un proceso de deposición en fase de vapor interna de acuerdo a la tecnología
- 20 PCVD, en el que un tubo de sustrato de vidrio es parcial o completamente rodeado mediante una cavidad resonante a lo largo de su eje cilíndrico, y en el que una mezcla de gas que comprende O_2 , $SiCl_4$, $GeCl_4$ es suministrada al tubo de sustrato. En dicha cavidad resonante se produce un plasma local, causando una reacción entre los componentes de la mezcla de gas dentro del tubo de sustrato, formando SiO_x , principalmente dopado con germanio. La cavidad resonante se mueve en vaivén a lo largo del eje cilíndrico del tubo de sustrato, de manera que dicho tubo es recubierto internamente con capas de vidrio. Dicha solicitud de patente de EE.UU., describe además la
- 25 posibilidad de añadir freón (C_2F_6) a la mezcla de gas, para así a reducir la formación de grupos hidroxilo en el cristal depositado.
- [0005]** El documento JP 2000-327360 se refiere a un método MCVD para la fabricación de una preforma para fibras ópticas en cuyo método se aumenta el flujo de gas de material en el tubo de cuarzo, justo antes una fuente de calor alcanza un punto de inversión próximo al lateral de bombeo, y en el que la temperatura de la fuente de calor, al volver desde el punto inicial del tubo de sustrato, se aumenta con el fin de calentar el tubo de sustrato solamente en la dirección en la que los compuestos gaseosos fluyen a través del interior del tubo de sustrato.
- 30 **[0006]** El documento EE.UU 2009/004404 se refiere a un método para la fabricación de una preforma para fibras ópticas en el que el proceso de deposición se interrumpe llevando a cabo, al menos, una etapa intermedia, en la que la etapa intermedia comprende suministrar un gas de ataque químico en el lado de suministro del tubo de sustrato hueco.
- [0007]** El documento EE.UU 2005/081566 se refiere a un método para la fabricación de una preforma para fibras ópticas en forma de barra, en cuyo método la cantidad de compuesto de flúor que se suministra al interior del tubo de sustrato es aumentado un valor de, al menos, el 10% al final de la deposición, después de lo cual el tubo de sustrato se somete a un tratamiento térmico tal que se produzca la difusión de flúor desde las capas de vidrio depositadas.
- 40 **[0008]** El documento JP 56-104735 se refiere a un método para la fabricación de una fibra óptica para rayos infrarrojos.
- [0009]** Una fibra óptica consta de un núcleo y una capa exterior que rodea dicho núcleo, cuya capa exterior es también referida como "revestimiento".
- 45 **[0010]** El núcleo puede estar hecho de una o más capas concéntricas mutuamente diferentes, dependiendo de las propiedades ópticas requeridas de la fibra óptica. Al menos parte del núcleo, tiene usualmente un índice de refracción mayor que el del revestimiento, de modo que la luz puede ser transportada a través de la fibra óptica, principalmente a través del núcleo de la misma.
- 50 **[0011]** Para una fibra óptica de vidrio, el mayor índice de refracción del núcleo se puede conseguir, dopando el vidrio del núcleo con un dopante de aumento de índice de refracción, tal como, por ejemplo, germanio. En el vidrio, el germanio está presente principalmente como GeO_2 . También es posible dopar el núcleo con un dopante de aumento de índice de refracción, así como con un dopante de disminución de índice, en cuyo caso las proporciones relativas de dichos dopantes se establecen de manera que se obtiene el índice de refracción requerido. En particular el flúor se utiliza como un dopante de disminución de índice de refracción.
- 55 **[0012]** Durante el transporte de luz a través de la fibra óptica, varios factores hacen disminuir la intensidad de señal (capacidad óptica). Dicha disminución se conoce como "atenuación" y puede expresarse en un coeficiente de atenuación de dB/km.
- [0013]** Una primera causa de atenuación es la denominada dispersión de Rayleigh, que depende en particular de la
- 60 cantidad y el tipo de agentes de dopado en el núcleo de la fibra óptica. Debido a dicha dispersión de Rayleigh, una señal de luz que está siendo transportada a través de una fibra óptica que comprende una cantidad relativamente alta de dopante de germanio en el núcleo, será atenuada con más ingenuidad que una señal luminosa que esté

siendo transportada a través de una fibra óptica que comprende una cantidad relativamente baja de dopante de germanio.

[0014] El grado en que la dispersión de Rayleigh tiene lugar, además, depende de la longitud de onda. Más en particular, el grado de dispersión de Rayleigh es proporcional a λ^4 , donde λ es la longitud de onda. La dispersión de Rayleigh causada por dopado con germanio es varias veces más intensa que la dispersión de Rayleigh producida por dopado con flúor.

[0015] Una segunda causa de la atenuación es la presencia de impurezas en el cristal, cuyas impurezas absorben luz de una o más longitudes de onda específicas. En particular, la presencia de grupos hidroxilo, presentes en la fibra óptica principalmente como SiOH o Ge-OH, es importante, porque, al menos, una longitud de onda de absorción se encuentra dentro del rango de longitud de onda en la que se utilizan las fibras ópticas, en particular fibras ópticas de modo único. Más en particular, se observa un pico de absorción para una longitud de onda de aproximadamente 1385 nm. Dicho pico de absorción también se conoce como pico de agua o atenuación de agua.

[0016] La longitud máxima sobre la cual una señal óptica puede ser transportada por una fibra óptica sin ser amplificada depende y está limitada por, entre otros factores, el grado en que se atenúa la señal óptica.

[0017] En consecuencia, existe una necesidad de fibras ópticas en las que la cantidad de impurezas, en particular grupos hidroxilo, se minimice.

[0018] Además existe una necesidad de fibras ópticas en las que se minimice la atenuación causada por la dispersión de Rayleigh.

[0019] Es un objeto de la presente invención proporcionar un método para la fabricación de una preforma primaria de fibras ópticas, utilizando un proceso de deposición en fase de vapor interna, en el que es posible influir sobre la cantidad de grupos hidroxilo que se incorporan durante el proceso de deposición en fase de vapor.

[0020] Otro objeto de la presente invención es proporcionar un método para fabricar una preforma primaria de fibras ópticas, utilizando un proceso de deposición en fase de vapor interna, en el que la fibra óptica fabricada a partir de la preforma primaria tiene menos atenuación a una longitud de onda de 1385 nm, y en la que la dispersión de Rayleigh no se ve afectada adversamente.

[0021] Aún es otro objeto de la presente invención, proporcionar un método para fabricar una preforma primaria para fibras ópticas, utilizando un proceso de deposición en fase de vapor interna, en el que la fibra óptica fabricada a partir de la preforma primaria tenga menos atenuación de Rayleigh y en el que la atenuación a una longitud de onda de 1385 nm no se vea afectada adversamente.

[0022] La presente invención como se describió en la introducción, se caracteriza por que durante, al menos, parte de la etapa v) se suministra al interior del tubo de sustrato de vidrio hueco una cantidad adicional de un gas que comprende un compuesto conteniendo flúor, a través del lado de suministro del mismo, cuando la zona reactiva encuentre cerca de o en un punto de inversión.

[0023] De acuerdo con la presente invención, una cantidad adicional de un gas que comprende un compuesto que contiene flúor se suministra de este modo, durante, al menos, parte de la etapa v) cuando la zona de reacción se encuentra cerca de o en el punto de inversión del lateral de suministro o cerca de o en el punto de inversión del lateral de descarga.

[0024] La presente invención también proporciona una realización en la que durante el proceso de deposición se suministra la cantidad adicional de gas cuando la zona reactiva se encuentra cerca de o en cada uno de los dos puntos de inversión, lo que significa que una cantidad adicional de gas se suministra tanto en lateral de suministro como en el lateral de descarga durante un desplazamiento en vaivén de la zona reactiva.

[0025] Se observa que la zona reactiva en ningún momento puede encontrarse cerca de o en ambos puntos de inversión al mismo tiempo.

[0026] La frase "cantidad adicional de gas que comprende un compuesto conteniendo flúor" se entiende que significa una cantidad extra o aumentada en comparación con el flujo de gas, dopado o sin dopar, que se suministra durante el desplazamiento de la zona reactiva entre los dos puntos de inversión. Se hace notar a este respecto que el flujo de gas, dopado o sin dopar, que se suministra durante el desplazamiento de la zona reactiva entre los dos puntos de inversión puede comprender opcionalmente una cantidad básica de compuesto que contiene flúor. En la presente invención los inventores se han dado cuenta así que la posición de la zona de reacción y la cantidad de compuesto que contiene flúor son de relevancia en el proceso de deposición. Más en particular, la posición de la zona de reacción en los dos puntos de inversión, ambos de cuyos puntos de inversión alcanzados por la zona de reacción durante 1 carrera, juega un papel importante, y siendo precisamente la combinación de punto de inversión/zona de reacción lo que requiere una cantidad adicional de gas comprendiendo compuesto que contiene flúor, que es la cantidad adicional de gas a suministrar "además de" la cantidad de compuesto que contiene flúor que ya puede estar presente. La presente invención no se refiere al mantenimiento de una cantidad constante de compuesto que contiene flúor durante una carrera de la zona de reacción, en lo cual una carrera ha de ser considerada como el desplazamiento de la zona de reacción entre los dos puntos de inversión. Se prefiere que la potencia de la zona de reacción sea constante durante el desplazamiento de la zona de reacción entre estos dos puntos de inversión. La cantidad adicional de gas, que comprende un compuesto conteniendo flúor de acuerdo con la presente invención se refiere por lo tanto a la cantidad de compuesto que contiene flúor que será añadida adicionalmente, y no debe confundirse con una realización en la que todos los compuestos de formación de vidrio gaseosos se aumentan a la vez, es decir, los compuestos gaseosos a suministrar al tubo de sustrato hueco.

- 5 **[0027]** La zona de reacción tiene una anchura de deposición específica, vista en la dirección longitudinal del tubo de sustrato de vidrio hueco, cuya anchura de deposición es preferiblemente, al menos, 2 veces, preferiblemente, al menos, 3 veces, preferiblemente, al menos, 4 veces menor que la distancia entre los dos puntos de inversión. Como un ejemplo de una longitud de carrera, es decir, la longitud de una carrera de la zona de reacción entre los dos puntos de inversión, se puede mencionar una longitud de aproximadamente 1,3 m. Un ejemplo de una anchura de deposición es un valor comprendido en el intervalo de 35 a 10 cm, por ejemplo de 30 a 15 cm.
- 10 **[0028]** Se dice que la zona de reacción está situada cerca de un punto de inversión, si la distancia más corta entre la zona de reacción y el punto de inversión es menor que el 10%, preferiblemente menos del 5%, preferiblemente menos del 1%, de la distancia entre los dos puntos de inversión.
- 15 **[0029]** Se dice que la zona de reacción está situada en un punto de inversión, cuando la posición de la zona de reacción corresponde a la posición en la que se invierte el sentido del desplazamiento de la zona de reacción. Cuando la zona de reacción está situada en un punto de inversión, la distancia entre la zona de reacción y el punto de inversión es prácticamente nula. Además, la velocidad de la zona de reacción en el punto de inversión es prácticamente igual a cero.
- 20 **[0030]** Los presentes inventores han encontrado sorprendentemente que el suministro de una cantidad adicional de compuesto conteniendo flúor al tubo de sustrato de vidrio hueco cuando la zona de reacción se encuentra cerca de o en un punto de inversión se traducirá en una disminución de la cantidad de grupos hidroxilo incorporados en el vidrio depositado.
- 25 **[0031]** Además, los presentes inventores han concluido de manera sorprendente que el suministro de una cantidad adicional de compuesto conteniendo flúor de esta manera, no afecta el índice de refracción del vidrio, más en particular de las capas de vidrio que son depositadas en el interior del tubo de sustrato de vidrio hueco. Solo se observó un ligero aumento de cantidad de dopante de flúor cerca de los puntos de inversión.
- 30 **[0032]** Estos exámenes han llevado a la percepción de que la presente invención hace posible reducir una cantidad básica de compuesto que contiene flúor que se suministra a través del flujo de gas en el lateral de suministro del tubo de sustrato de vidrio hueco, durante el proceso de deposición en fase de vapor interna en comparación con la cantidad de compuesto que contiene flúor que está siendo constantemente suministrado, como una función del proceso de deposición, en un proceso de deposición en fase de vapor de la técnica anterior, sin que la reducción mencionada anteriormente tenga un efecto adverso sobre la cantidad de grupos hidroxilo en el cristal así depositado, más en particular, las capas de vidrio depositadas.
- 35 **[0033]** El resultado directo de la utilización de una cantidad básica reducida de compuesto que contiene flúor es que en el vidrio depositado se incorpora como dopante una cantidad reducida de flúor. Esto hace que sea posible reducir la cantidad de dopante de aumento de índice de refracción, tal como germanio, que se necesita para obtener un índice de refracción requerido. El resultado de esto es que la dispersión de Rayleigh, y por lo tanto la atenuación de una señal óptica en la fibra óptica, se reduce significativamente.
- 40 **[0034]** Además, estas conclusiones han llevado a la percepción de que la presente invención hace que sea posible, proporcionando una cantidad básica constante de compuesto conteniendo flúor a suministrar a través del flujo de gas en el lateral de suministro del tubo de sustrato de vidrio hueco durante el proceso de deposición en fase de vapor interna, reducir la cantidad total de grupos hidroxilo en el vidrio depositado, más en particular en las capas de vidrio depositadas, sin que esto tenga un efecto adverso en la atenuación de una señal óptica en una fibra óptica producida por dispersión de Rayleigh. Así pues, los presentes inventores se han dado cuenta de que es posible, dada una dispersión de Rayleigh constante, reducir la atenuación para una longitud de onda de 1385 nm.
- 45 **[0035]** Finalmente, estas conclusiones han llevado a la percepción de que la presente invención hace que sea posible, también en ausencia de una cantidad básica de compuesto conteniendo flúor a suministrar a través del flujo de gas en el lateral de suministro del tubo de sustrato de vidrio hueco durante el proceso de deposición en fase de vapor interna, reducir la cantidad total de grupos hidroxilo en el vidrio depositado sin que esto tenga un efecto adverso en la atenuación de una señal óptica en una fibra óptica causada por dispersión de Rayleigh. Así pues, los presentes inventores se han dado cuenta de que es posible, dada una dispersión de Rayleigh constante, reducir la atenuación a una longitud de onda de 1.385 nm en comparación con un procedimiento de la técnica anterior.
- 50 **[0036]** Así, uno o más de los anteriores objetos se consiguen mediante la ejecución de la invención.
- 55 **[0037]** En una realización preferida, el compuesto que contiene flúor está exento de átomos de hidrógeno y se selecciona preferiblemente del grupo consistente en los compuestos de CF_4 , C_2F_6 , C_4F_8 , CCl_2F_2 , SiF_4 , Si_2F_6 , SF_6 , NF_3 , F_2 o una mezcla de dos o más de estos compuestos. Preferiblemente, el compuesto que contiene flúor es C_2F_6 o C_4F_8 o una mezcla de los mismos.
- 60 **[0038]** En otra realización preferida, la cantidad adicional de gas es añadida en forma de uno o más impulsos, preferiblemente utilizando un tiempo de impulso de 10 a 500 ms, preferiblemente de 50 a 200 ms.
- [0039]** La cantidad total de compuesto que contiene flúor en la cantidad adicional de gas suministrado es de 0,010 a 10,0 cm^3s , preferiblemente 0,050 a 5,0 cm^3s , más preferiblemente 0,1 a 1 cm^3s , donde cm^3s significa centímetro cúbico estándar a una presión de 1 atmósfera y una temperatura de 0° C.
- [0040]** En otra realización preferida, la cantidad adicional de gas que se suministra comprende un gas portador y/o dopantes y/o gases de formación de vidrio. Preferiblemente, como gas portador, se utiliza oxígeno.
- [0041]** Preferiblemente, el flujo de gas comprende además de una cantidad básica de compuesto que contiene flúor, al menos, un dopante seleccionado de entre el grupo que consta de germanio, nitrógeno, boro, titanio, fósforo y aluminio. Cuando se incorpora en el vidrio, dicho dopante aumenta el índice de refracción del vidrio. En

consecuencia, el efecto de disminución de índice de refracción del flúor puede ser compensado por la presencia de uno o más dopantes de aumento de índice de refracción anteriores.

[0042] En el vidrio depositado el germanio estará principalmente presente en forma de GeO_2 . El dopante de germanio puede añadirse al flujo de gas en forma de, por ejemplo, GeCl_4 .

[0043] En el vidrio depositado el nitrógeno estará principalmente presente como SiO-N en el cristal depositado. El dopante de nitrógeno se puede añadir al flujo de gas en forma de N_2 .

[0044] En el vidrio depositado el titanio estará principalmente presente como TiO_2 . El dopante de titanio se puede añadir al flujo de gas en forma de TiCl_4 .

[0045] En el vidrio depositado el fósforo estará presente principalmente como P_2O_3 . El dopante de fósforo se puede añadir al flujo de gas en forma de POCl_3 .

[0046] En el vidrio depositado el aluminio estará presente principalmente como Al_2O_3 . El dopante de aluminio puede añadirse al flujo de gas en forma de AlCl_3 .

[0047] Preferiblemente, el proceso de deposición en fase de vapor interna de acuerdo con la presente invención es del tipo PCVD.

[0048] En una realización específica, la zona de reacción en la etapa iv) es un plasma, preferiblemente un plasma de microondas.

[0049] En otra realización, en la etapa v) la zona de reacción se desplaza a una velocidad de 10 a 40 metros por minuto (m/min), preferiblemente de 15 a 25 metros por minuto, especialmente de 15 a 30 m/min.

[0050] En otra realización específica, en la etapa v), el horno se ajusta a una temperatura de 800 a 1200° C, preferiblemente de 900 a 1100° C.

[0051] En otra realización específica, el horno comprende una o más zonas de temperatura, que se pueden ajustar a diferentes temperaturas, posiblemente de forma mutuamente independiente. Además, la temperatura en una o más zonas de temperatura puede variar durante el proceso de deposición en fase de vapor interna.

[0052] Un proceso de deposición en fase de vapor interna del tipo PCVD, en el que se utiliza el horno que comprende varias zonas de temperatura, se describe en la solicitud de patente holandesa número 1037163, que no estaba abierta a inspección pública aún en el momento de la presentación de la presente solicitud.

[0053] Un proceso de deposición en fase de vapor interna del tipo PCVD, en el que la temperatura del horno es variada durante el proceso de deposición, se describe en la solicitud de patente holandesa número 1037164, que no estaba abierta a inspección pública aún en el momento de la presentación de la presente solicitud.

[0054] En una realización especial, la cantidad adicional de gas se añade sólo cuando la zona de reacción se encuentra en o cerca del punto de inversión próximo al lateral de suministro del tubo de sustrato de vidrio hueco. La potencia de la zona de reacción, especialmente la potencia de plasma, es constante durante el desplazamiento de la zona de reacción a lo largo de la longitud del tubo de sustrato. La deposición de capas de vidrio tiene así lugar sobre el tramo lateral de la bomba de lado de gas y el lateral de la bomba de lado de gas.

[0055] En otra forma de realización especial, la cantidad adicional de gas es añadida sólo cuando la zona de reacción se encuentra en o cerca del punto de inversión próximo al lateral de descarga del tubo de sustrato de vidrio hueco. La potencia de la zona de reacción, especialmente la potencia de plasma, es constante durante el desplazamiento de la zona de reacción a lo largo de la longitud del tubo de sustrato. La deposición de capas de vidrio tiene lugar sobre el tramo lateral de la bomba de lado de gas y el lateral de la bomba de lado de gas.

[0056] La presente invención se refiere además a un método para fabricar una preforma final para fibras ópticas, que comprende las etapas de:

i) fabricación de una preforma primaria de acuerdo con la presente invención, y posteriormente

ii) colapsar la preforma primaria obtenida en la etapa i) en un preforma primaria maciza, utilizando una fuente de calor,

iii) opcionalmente depositar una cantidad adicional de vidrio sobre el exterior de la preforma primaria maciza para formar la preforma final.

[0057] La presente invención se refiere además a un método para fabricar una fibra óptica, que comprende la fabricación de la preforma final, cuyo método comprende las siguientes etapas:

i) fabricación de una preforma primaria de acuerdo con la presente invención, y posteriormente

ii) colapsar la preforma primaria obtenida en la etapa i) en un preforma primaria maciza, utilizando una fuente de calor,

iii) opcionalmente aplicar una cantidad adicional de vidrio al exterior de la preforma primaria maciza para formar la preforma final, y posteriormente

iv) calentar un extremo de la preforma final obtenida en la etapa iii) y estirar la fibra óptica a partir de la preforma final.

[0058] La presente invención se explicará ahora con más detalle con referencia a un ejemplo y una serie de figuras, en relación a lo cual debe tenerse en cuenta, sin embargo, que la presente invención no está en modo alguno, limitada a los mismos.

La figura 1 es una representación esquemática de un dispositivo para llevar a cabo un proceso de deposición en fase de vapor interna.

La figura 2 es una representación esquemática de un dispositivo adecuado para llevar a cabo la presente invención.

La figura 3 es una vista que muestra la atenuación a 1385 nm para fibras fabricadas de acuerdo con la técnica anterior y un primer ejemplo de la presente invención.

La figura 4 es una vista que muestra la atenuación a 1385 nm para fibras fabricadas de acuerdo con la técnica anterior y un segundo ejemplo de la presente invención.

[0059] La figura 1 muestra esquemáticamente un dispositivo 100 para llevar a cabo un proceso de deposición en fase de vapor interna para la fabricación de una preforma primaria para fibras ópticas. El dispositivo 100 comprende un horno 1, que rodea, al menos, parte de un tubo de sustrato de vidrio hueco 2. El tubo de sustrato de vidrio hueco 2 tiene un lateral de suministro 3 y un lateral de descarga 4. El lateral de suministro 3 y el lateral de descarga 4 se puede colocar respectivamente entre una entrada de gas y una salida de gas (no mostrado). El lateral de suministro 3 y el lateral de descarga 4 se puede sujetar en un pasaje cilíndrico provisto de una junta tórica, de manera que el volumen interno del tubo de sustrato de vidrio hueco 2 está aislado de la atmósfera exterior. Tal construcción hace que sea posible llevar a cabo un proceso de deposición en fase de vapor interna a una presión reducida cuando una bomba (no mostrada) es conectada a la salida de gas.

[0060] La figura 1 muestra esquemáticamente, además, una zona de reacción 7, cuya zona de reacción 7 se desplaza en vaivén durante el proceso de deposición en fase de vapor interna entre un punto de inversión 5 situado cerca del lateral de alimentación 3 y un punto de inversión 6 situado cerca del lateral de descarga 4. La distancia entre los dos puntos de inversión es la longitud de la carrera, es decir, la longitud a lo largo de la cual las capas de vidrio se depositan en el interior del tubo de sustrato de vidrio hueco 2. Los dos puntos de inversión están rodeados por un horno 1.

[0061] Durante el proceso de deposición en fase de vapor interna, gases de formación de vidrio dopados o sin dopar se suministran a través del lateral de suministro 3 del tubo de sustrato de vidrio hueco 2, cuyos gases de formación de vidrio se convierten en vidrio en la zona de reacción 7. Mediante la utilización del desplazamiento en vaivén de la zona de reacción 7 entre los puntos de inversión 5 y 6, una serie de capas de vidrio son así depositadas en el interior del tubo de sustrato de vidrio hueco 2.

[0062] La presente invención es en particular adecuada para un proceso de deposición en fase de vapor interna del tipo PCVD, en el que microondas se acoplan en el interior del tubo de sustrato de vidrio hueco 2, a fin de formar un plasma local, a través de una cavidad de resonancia (también llamada resonador) que rodea parcialmente el tubo de sustrato de vidrio hueco 2, visto en la dirección longitudinal del mismo. La frase "plasma local" se entiende que significa un plasma que tiene una longitud que corresponde más o menos a la longitud del resonador, ambos vistos en la dirección longitudinal del tubo de sustrato de vidrio hueco 2. La cavidad de resonancia se desplaza en vaivén a lo largo la longitud del tubo de sustrato de vidrio hueco entre los dos puntos de inversión durante un proceso PCVD.

[0063] Un proceso PCVD es conocido en la técnica, por ejemplo, a partir de las solicitudes de patentes de Estados Unidos números US 2005/0000253, US 2008/0044150, US 2005/0120751, US 2008/0063812, US 2005/0041943 y las patentes estadounidenses números US 4.741.747 y US 4.493.721.

[0064] Los resonadores son conocidos en la técnica, por ejemplo, a partir de solicitudes de patentes estadounidenses publicadas con los números US 2007/0289532, US 2003/0159781 y US 2005/0172902, y las patentes estadounidenses números. US 4.844.007, US 4.714.589 y US 4.877.938. El proceso PCVD es un proceso llamado a baja presión, lo que significa que durante el proceso de deposición en fase de vapor interna la presión se fija en un valor de 1 a 40 mbar, preferiblemente de 5 a 30 mbar.

[0065] La figura 2 muestra una forma de realización preferida de un dispositivo por medio del cual puede ser ejecutada la presente invención. Un flujo de gas 10 a alimentar al lateral de suministro 3 del tubo de sustrato de vidrio hueco 2, es una combinación de un flujo de gas principal 8 y un flujo de gas auxiliar 9. El flujo de gas principal 8 comprende gases de formación de vidrio dopados o sin dopar y una cantidad básica opcional de compuesto conteniendo flúor. La cantidad adicional de gas que comprende un compuesto conteniendo flúor se suministra a través del flujo de gas auxiliar 9. La válvula 11 es preferentemente una válvula binaria, que es una válvula que sólo tiene una posición "cerrada" y una posición "abierta". Durante un proceso de deposición en fase de vapor interna de acuerdo con la invención, la válvula 11 es cambiada a la posición "abierta" tan pronto como la zona de reacción 7 se encuentra cerca de o en un punto de inversión 5, 6. De esta manera, una cantidad adicional de gas se alimenta, en ese momento, al lateral de suministro del tubo de sustrato de vidrio hueco. La zona de reacción 7 volverá posteriormente al punto de inversión 5, 6, cuyo desplazamiento se repetirá varias veces. La potencia de la zona de reacción 7 es constante durante el movimiento de vaivén de la zona de reacción 7. Mediante el ajuste de la presión del gas detrás de la válvula 11, visto en el sentido aguas arriba, y el tamaño del pasaje 12, el flujo de gas adicional puede ser controlado con precisión. La cantidad de gas adicional se puede de este modo, ajustar con precisión ajustando el tiempo durante el cual la válvula 11 está abierta. Tal realización demuestra claramente que el flujo de la corriente de gas subsidiaria 9 se aumenta mientras se mantiene un flujo de gas principal 8 constante.

[0066] En la figura 2, la válvula 11 y el pasaje 12 se muestran con cierta separación. Es preferible disponer la válvula 11 y el pasaje 12 de lo más juntos posible o integrarlos conjuntamente.

[0067] De manera preferida, el volumen del conducto a través del cual se transporta el flujo de gas auxiliar 9 entre la válvula 11 y el lateral de suministro 3 del tubo de sustrato de vidrio hueco 2 es tan pequeño como sea posible.

[0068] En una realización, se utiliza un conducto que tiene una longitud de como máximo 1,0 m y un diámetro de 1/4 de pulgada, que corresponde a 6,35 mm. El flujo de gas auxiliar 9 se añade preferiblemente al flujo de gas principal 8 en una posición tan cercana del lateral de suministro 3 como resulte posible. También es posible suministrar el flujo de gas auxiliar 9 directamente al lateral de suministro 3.

[0069] Un sistema que comprende válvulas binarias, que es adecuado para llevar a cabo el método según la presente invención se describe en la solicitud de patente de EE.UU. número2010/154479, que no estaba abierta a consulta pública aún en el momento de la presentación de la presente solicitud.

5 **Ejemplo comparativo 1**

[0070] Se fabricaron cinco preformas primarias para fibras ópticas multimodo de índice de gradiente, utilizando un proceso de deposición en fase de vapor interna de tipo PCVD de la técnica anterior, por medio del dispositivo mostrado en las figuras 1 y 2, sin suministrar gas a través del flujo de gas auxiliar 9.

10 [0071] Durante el proceso de deposición en fase de vapor interna, se añadió una cantidad básica constante (es decir un flujo constante) del compuesto conteniendo flúor a través del flujo de gas principal 8. La cantidad de dopante de germanio, presente como GeCl_4 en el flujo de gas principal, se ajustó gradualmente durante el proceso de deposición en fase de vapor interna a fin de obtener el perfil de índice de refracción radial de índice de gradiente requerido.

15 [0072] Después de la terminación del proceso de deposición en fase de vapor interna, cada uno de los cinco tubos de sustrato de vidrio huecos y las capas de vidrio depositados sobre el mismo (preformas primarias) se colapsaron en una preforma primaria maciza, utilizando una fuente de calor. Utilizando un analizador de preformas, se midió el perfil de índice de refracción radial para algunas posiciones alrededor de la mitad, vista en la dirección longitudinal, de cada preforma primaria maciza. El término "perfil de índice de refracción radial" se debe entender en el sentido de una representación del índice de refracción como una función de la posición radial en la preforma primaria.

20 [0073] Posteriormente, sobre la preforma primaria maciza se depositó una capa adicional de vidrio, utilizando una técnica de sobre revestimiento de plasma, en la que polvo de sílice natural fue depositado sobre el exterior de la preforma primaria y vitrificado, usando un quemador de plasma.

25 [0074] A continuación de ello, a partir de cada preforma final así obtenida fue estirada una fibra óptica multimodo de índice de gradiente.

[0075] La fibra así estirada, que tenía una longitud total de alrededor de 200 km, se dividió en una pluralidad de porciones más pequeñas y se determinó la atenuación (expresada como el coeficiente de atenuación) para una longitud de onda de 1.385 nm de cada una de dichas porciones.

30 **Ejemplo 1**

[0076] Se fabricaron tres preformas primarias para fibras ópticas multimodo de índice de gradiente, utilizando el dispositivo de acuerdo con la presente invención. Las condiciones y ajustes del proceso fueron los mismos que los ajustes y las condiciones utilizadas en el ejemplo comparativo 1, con la diferencia de que durante la fabricación de las tres preformas primaria de acuerdo con el ejemplo 1, se añadió una cantidad adicional impulsiva de gas constando de compuesto conteniendo flúor C_2F_6 al flujo de gas principal 8 a través del flujo de gas auxiliar 9, justo cuando la zona de reacción se encontraba en el punto de inversión próximo al lado de descarga. La duración de impulso fue de 120 ms y la cantidad total de C_2F_6 adicional fue de $0,12 \text{ cm}^3\text{s}$.

35 [0077] Después de la terminación del proceso de deposición en fase de vapor interna, cada uno de los tres tubos de sustrato de vidrio huecos y las capas de vidrio depositados sobre los mismos (preformas primarias) se colapsó en un preforma primaria sólida, utilizando una fuente de calor. Usando un analizador de preformas, se midió el perfil de índice de refracción radial en algunas posiciones alrededor de la mitad, vista en la dirección longitudinal, de cada preforma primaria maciza.

40 [0078] Posteriormente, se depositó sobre la preforma primaria maciza una capa de vidrio adicional, usando una técnica de sobre revestimiento, en la que sobre el exterior de la preforma primaria fue depositado sílice natural de polvo y vitrificado, utilizando un quemador de plasma.

45 [0079] Posteriormente, una fibra óptica multimodo de índice de gradiente se estiró a partir de cada preforma final así obtenida. La fibra así estirada, que tenía una longitud total de alrededor de 200 km, se dividió en una pluralidad de porciones de fibra óptica más pequeñas, y se determinó la atenuación (expresada por el coeficiente de atenuación) para una longitud de onda de 1.385 nm de cada una de dichas porciones.

50 [0080] Las preformas primarias según el ejemplo comparativo 1 y el ejemplo 1 se fabricarán por turnos, de manera que las mediciones llevadas a cabo sobre las fibras ópticas de las diversas preformas primarias, en particular, las mediciones de la atenuación a 1385 nm, podrán ser comparadas fácilmente entre sí. Los presentes inventores no observaron una diferencia en el perfil de índice de refracción radial entre preformas primarias fabricadas de acuerdo con el ejemplo comparativo 1 y preformas primarias fabricadas de acuerdo con el ejemplo 1. Los presentes inventores concluyeron a partir de esto que cuando se utiliza la presente invención de acuerdo con el ejemplo 1 no se incorpora flúor adicional, o al menos incorporando una cantidad insignificante del mismo, como dopante en el cristal depositado.

55 [0081] La figura 3 es una vista que muestra la atenuación a una longitud de onda de 1385 nm, medida en fibras de acuerdo con el ejemplo comparativo 1 y el ejemplo 1.

60 [0082] Las líneas discontinuas (- - - x - - -) corresponden a los resultados de la medición por preforma primaria para fibras ópticas (porciones de) a partir de las preformas primarias fabricadas según el ejemplo comparativo 1.

[0083] Las líneas continuas (- * -) corresponden a los resultados de la medición por preforma primaria para fibras ópticas a partir de preformas primarias fabricadas de acuerdo con el método de acuerdo con el Ejemplo 1.

[0084] El eje vertical muestra el coeficiente de atenuación expresado en dB/km.

[0085] El eje horizontal muestra la posición en la fibra óptica estirada expresada en kilómetros.

[0086] Una posición "0" en la fibra óptica corresponde a la posición del punto de inversión 6 próximo al lateral de descarga 4 del tubo de sustrato de vidrio hueco 2 durante el proceso de deposición en fase de vapor interna.

[0087] Así, se puede discernir claramente en la figura 3 que la atenuación a 1385 nm de las fibras ópticas fabricadas a partir de preformas primarias según la presente invención es menor que la de las fibras ópticas fabricadas de acuerdo con el ejemplo comparativo 1. Dicha atenuación más baja se observó en prácticamente toda la longitud de la fibra óptica estirada.

[0088] Los presentes inventores concluyen a partir de estos resultados que la cantidad de grupos hidroxilo incorporados en el vidrio depositado durante el proceso de deposición en fase de vapor interna de acuerdo con el ejemplo 1, es decir, de acuerdo con la presente invención, es menor que la cantidad de grupos hidroxilo incorporados en la preforma primaria de acuerdo al ejemplo comparativo 1.

Ejemplo comparativo 2

[0089] Se fabricaron cinco preformas primarias para fibras ópticas multimodo de índice de gradiente, utilizando un proceso de deposición en fase de vapor interna de tipo PCVD de la técnica. Las condiciones y ajustes del proceso fueron los mismos que los ajustes y las condiciones utilizadas en el ejemplo comparativo 1. La diferencia con dicho ejemplo comparativo 1, reside en el instante temporal en el que se fabricaron las preformas primarias.

[0090] Después de la terminación del proceso de deposición en fase de vapor interna, cada uno de los cinco tubos de sustrato de vidrio huecos y las capas de vidrio depositadas en los mismos (preformas primarias) se colapsó en una preforma primaria maciza, utilizando una fuente de calor. Utilizando un analizador de preformas, se midió el perfil de índice de refracción radial en algunas posiciones alrededor de la mitad, vista en la dirección longitudinal, de cada preforma primaria maciza.

[0091] Posteriormente, una capa adicional de vidrio se depositó sobre la preforma primaria maciza, utilizando una técnica de sobre revestimiento de plasma, en la que el polvo de sílice natural fue depositado sobre el exterior de la preforma primaria y vitrificado, utilizando un quemador de plasma.

[0092] A continuación de eso, se estiro una fibra óptica multimodo de índice de gradiente a partir de cada preforma final así obtenida. La fibra así estirada, que tenía una longitud total de alrededor de 200 km, se dividió en una serie de porciones de fibra más pequeñas, y se determinó la atenuación (expresada por el coeficiente de atenuación) a una longitud de onda de 1.385 nm de cada una de dichas porciones.

Ejemplo 2

[0093] Se fabricaron dos preformas primarias para fibras ópticas multimodo de índice de gradiente, utilizando la presente invención. Las condiciones y ajustes del proceso fueron los mismos que los ajustes y las condiciones utilizados en el ejemplo comparativo 2, con la diferencia de que durante la fabricación de las tres preformas primarias de acuerdo con el ejemplo 2, se añadió una cantidad adicional a impulsos de gas consistente en compuesto conteniendo flúor C_2F_6 al flujo de gas principal 8 a través del flujo de gas auxiliar 9, cuando la zona de reacción se encontraba en el punto de inversión próximo al lateral de suministro. La duración de impulso fue de 60 ms y el la cantidad total de C_2F_6 adicional fue de $0,06 \text{ cm}^3$.

[0094] Después de la terminación del proceso de deposición en fase de vapor interna, cada uno de los dos tubos de sustrato de vidrio huecos y las capas de vidrio depositadas sobre los mismos (preformas primarias) se colapsó en una preforma primaria maciza, utilizando una fuente de calor. Utilizando un analizador de preformas, se midió el perfil de índice de refracción radial para algunas posiciones alrededor de la mitad, vista en la dirección longitudinal, de cada preforma primaria maciza.

[0095] Posteriormente, una capa adicional de vidrio se depositó sobre la preforma primaria maciza, utilizando una técnica de sobre revestimiento por plasma, en la que polvo de sílice natural fue depositado sobre el exterior de la preforma primaria y vitrificado, utilizando un quemador de plasma.

[0096] Posteriormente, una fibra óptica multimodo de índice de gradiente se estiro a partir de cada preforma final así obtenida. La fibra así estirada, que tenía una longitud total de alrededor de 200 km, se dividió en una pluralidad de porciones más pequeñas, y se determinó la atenuación (expresada por el coeficiente de atenuación) para una longitud de onda de 1.385 nm de cada una de dichas porciones.

[0097] Con el fin de hacer que sea posible llegar a una comparación adecuada de los resultados de las mediciones de atenuación a 1385 nm para las fibras resultantes de las preformas primarias de acuerdo con el ejemplo comparativo 2 y aquellas según el ejemplo 2, se hicieron primero dos preformas primarias según el ejemplo comparativo 2, y luego una preforma primaria de acuerdo con el ejemplo 2, posteriormente una preforma de acuerdo con el ejemplo comparativo 2, a continuación una preforma primaria de acuerdo con el ejemplo 2, y finalmente otros dos preformas primarias según el ejemplo comparativo 2.

[0098] Los presentes inventores no observaron una diferencia del perfil de índice de refracción radial entre preformas primarias fabricadas de acuerdo con el ejemplo comparativo 2 y preformas primarias fabricado de

acuerdo con el ejemplo 2. Los presentes inventores concluyeron que no se incorpora como dopante en el vidrio depositado flúor adicional, o al menos se incorpora una cantidad insignificante del mismo, cuando se utiliza la presente invención de acuerdo con el ejemplo 2.

5 **[0099]** La figura 4 es una vista que muestra la atenuación para una longitud de onda de 1385 nm, medida en fibras de acuerdo al ejemplo comparativo 2 y al ejemplo 2 de acuerdo con la presente invención.

[0100] Las líneas discontinuas (- - - o - - -) corresponden a los resultados de mediciones por preforma primaria para fibras ópticas procedentes de preformas primarias fabricadas de acuerdo con el ejemplo comparativo 2.

[0101] Las líneas continuas (- - - o - - -) corresponden a los resultados de mediciones por preforma primaria para fibras ópticas procedentes de preformas primarias fabricadas de acuerdo con el ejemplo 2.

10 **[0102]** El eje vertical muestra el coeficiente de atenuación expresado en dB/km.

[0103] El eje horizontal muestra la posición en la fibra óptica estirada, expresada en kilómetros. Una posición "0" en la fibra óptica corresponde a la posición del punto de inversión 6 próximo al lateral de descarga 4 del tubo de sustrato de vidrio hueco durante el proceso de deposición en fase de vapor interna.

15 **[0104]** Así puede ser claramente discernido en la figura 4 que la atenuación a 1385 nm de fibras ópticas fabricadas a partir de preformas primarias de acuerdo con el ejemplo 2, es más baja que la de fibras ópticas fabricadas de acuerdo con el ejemplo comparativo 2 conforma a la técnica anterior. Dicha menor atenuación fue observada sobre prácticamente la longitud total de la fibra óptica estirada,

20 **[0105]** Los presents inventores concluyeron a partir de estos resultados de medición que la cantidad de grupos hidroxilo incorporados en el vidrio depositado durante el proceso de deposición en fase de vapor interna conforme al ejemplo 2 es inferior que la cantidad de grupos hidroxilo incorporados en la preforma primaria de acuerdo con el ejemplo comparativo 2.

25 **[0106]** A partir de la patente holandesa publicadad bajo el número NL 1033769 se conoce que tiene lugar deposición de negro de humo durante un proceso de deposición en fase de vapor interna, cuya deposición de negro de humo se pone de manifiesto como un anillo sobre el interior del tubo de sustrato (vidrio) hueco. Dichos anillos de negro de humo se forman próximos al punto de inversión 5 en el lado de suministro.

30 **[0107]** Los presents inventores han encontrado que, además del efecto de la presente invención sobre la incorporación de grupos hidroxilo, la formación de tales anillos de negro de humo cerca del punto de inversión 6 próximo al lado de suministro 3 del tubo de sustrato de vidrio hueco 2, se reduce fuertemente. Sin desear estar ligados a esta teoría, los presentes inventores suponen que la desaparición del anillo de negro de humo cerca del punto de inversión 5 en lateral de descarga se produce por el efecto de ataque químico del flúor en presencia la zona de reacción de plasma.

35 **[0108]** Aunque los ejemplos relative a fibras ópticas multimodo de índice de gradiente, la presente invención no significa que está limitada a tales fibras óptica. La presente invención puerder ser utilizada con todo tipo de fibra óptica que esté fabricada mediante un proceso de deposición en fase de vapor. La presente invención es en particular apta para fibras de modo único porque la longitud de onda de 1385 nm es una de las posibles longitudes de onda para las que tal fibra se utiliza en una red de comunicación.

40 **[0109]** En la realización en que se fabrica una preforma primaria para fibras ópticas cuya fibra óptica exhibe un perfil de índice de refracción radial que comprende varias capas concéntricas (también referidas como "conchas"), que pueden tener o no, diferentes valores de índice de refracción, la presente invención puede ser aplicada a una o más de las capas concéntricas correspondientes de la preforma primaria durante el proceso de deposición en fase de vapor interna.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para fabricar una preforma primaria para fibras ópticas utilizando un proceso de deposición en fase de vapor interna que comprende las etapas de:
- 5 i) proporcionar un tubo de sustrato de vidrio hueco (2) que tiene un lateral de suministro y un lateral de descarga,
 ii) rodear al menos parte del tubo de sustrato de vidrio hueco (2) mediante un horno (1),
 iii) suministrar un flujo de gas, dopado o sin dopar, de gases de formación de vidrio al interior del tubo de sustrato de vidrio hueco (2) a través del lateral de suministro (3) del mismo,
 10 iv) creación de una zona reactiva (7) con condiciones tales que la deposición de vidrio tenga lugar sobre el interior del tubo de vidrio hueco creado, y
 v) desplazar la zona reactiva (7) en vaivén en dirección longitudinal sobre el tubo de sustrato de vidrio hueco (2) entre un punto de inversión (5) situado próximo al lateral de suministro (3) y un punto de inversión (6) situado próximo al lado de descarga (4) del tubo de sustrato de vidrio hueco (2),
 15 caracterizado porque durante, al menos, parte de la etapa v) se suministra una cantidad adicional de gas conteniendo un compuesto conteniendo fluor al interior del tubo de sustrato de vidrio hueco (2) a través del lado de suministro (3) del mismo, cuando la zona reactiva (7) está situada próxima a un punto de inversión (5, 6).
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que el compuesto conteniendo fluor está exento de átomos de hidrógeno y se selecciona preferiblemente del grupo consistente en los compuestos de CF_4 , C_2F_6 , C_4F_8 , CCl_2F_2 , SiF_4 , Si_2F_6 , SF_6 , NF_3 , F_2 o una mezcla de dos o más de estos compuestos.
- 20 3. Procedimiento según la reivindicación 2, en el que el compuesto conteniendo fluor es C_2F_6 , C_4F_8 o una mezcla de los mismos.
- 25 4. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones precedentes, en el que la cuantía del flujo de gas suministrado en la etapa iii) es constante cuando se desplaza la zona reactiva (7) en vaivén en la dirección longitudinal sobre el tubo de sustrato de vidrio hueco (2) entre un punto de inversión (5) situado próximo del lado de alimentación (3) y un punto de inversión (6) situado próximo al lado de descarga (4) del tubo de sustrato de vidrio hueco (2).
- 30 5. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones precedentes 1 a 4, en el que dicha cantidad adicional de gas se suministra en forma de uno o más impulsos, en el que se utiliza especialmente un tiempo de impulso de 10 a 500, preferiblemente de 50 a 500 ms.
- 35 6. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones precedentes 1 a 5, en el que la cantidad total de compuesto conteniendo fluor en la cantidad adicional de gas suministrado es de 0,01 a 10 cm^3/s , preferiblemente de 0,05 a 5 cm^3/s , más preferiblemente de 0,1 a 1 cm^3/s .
- 40 7. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones precedentes 1 a 6, en el que la cantidad adicional de gas comprende un gas portador y/o dopantes y/o gases de formación de vidrio.
8. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones precedentes 1 a 7, en el que la cantidad adicional de gas comprende oxígeno como el gas portador.
- 45 9. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones precedentes 1 a 8, en el que durante la etapa v), la zona reactiva (7) se desplaza a una velocidad de 10 a 40 m/min, especialmente de 15 a 30 m/min, preferiblemente de 15 a 25 m/min, a lo largo la longitud de deposición del tubo de sustrato de vidrio hueco (2).
- 50 10. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones precedentes 1 a 9, en el que la zona reactiva (7) durante la etapa iv) es un plasma, preferiblemente un plasma de microondas, en el cual, especialmente, la potencia de plasma durante la etapa v) es constante.
11. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones precedentes 1 a 10, en el que durante la etapa v) el horno (1) se ajusta a una temperatura de 800 a 1.200 °C, preferiblemente de 900 a 1.100 °C.
- 55 12. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones precedentes 1 a 11, en el que la cantidad adicional de gas sólo se añade cuando la zona reactiva (7) se encuentra en o próxima al punto de inversión (5) próximo al lateral de suministro (3) del tubo de sustrato de vidrio hueco (2).
- 60 13. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones precedentes 1 a 11, en el que la cantidad adicional de gas se añade sólo cuando la zona de reacción (7) está situada cerca del punto de inversión (6) próximo al lateral de descarga (4) del tubo de sustrato de vidrio hueco (2).

14. Procedimiento para fabricación de una preforma final para fibras ópticas, que comprende las etapas de:

i) fabricar una preforma primaria de acuerdo con una o más de las reivindicaciones precedentes 1 a 13, y luego

ii) colapsar la preforma primaria obtenida en la etapa i) en una preforma primaria maciza, utilizando una fuente de calor,

5 iii) opcionalmente depositar una cantidad adicional de vidrio sobre el exterior de la primaria maciza para así conformar una preforma final.

15. Procedimiento para fabricación de una fibra óptica, que comprende la fabricación de una preforma final para fibras ópticas según la reivindicación 14, seguido por las etapas de calentar un extremo de la preforma final y
10 estirado de una fibra óptica.

FIGURA 1

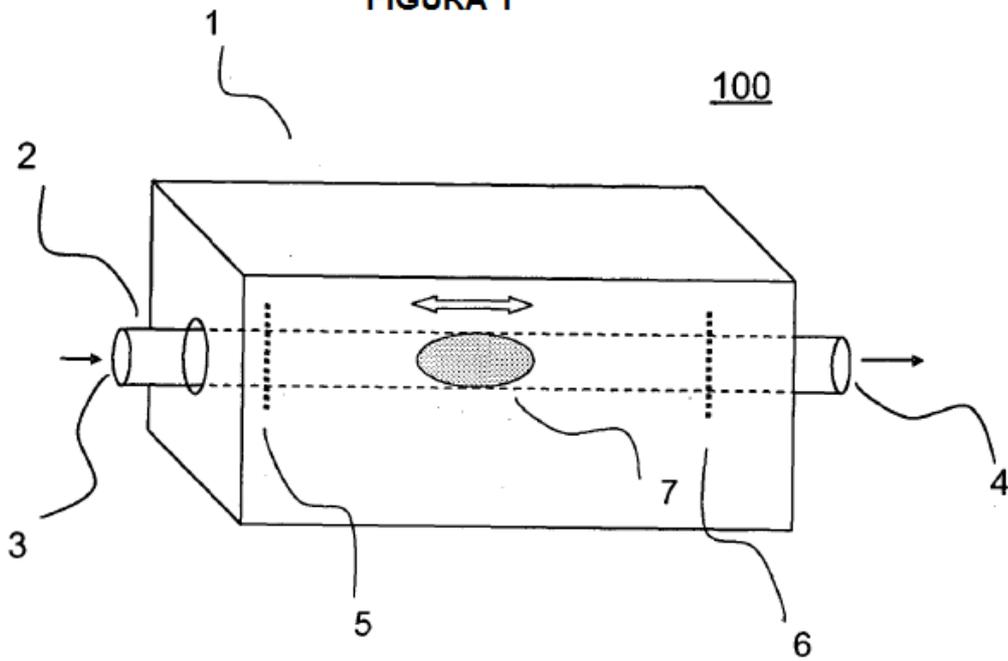


FIGURA 2

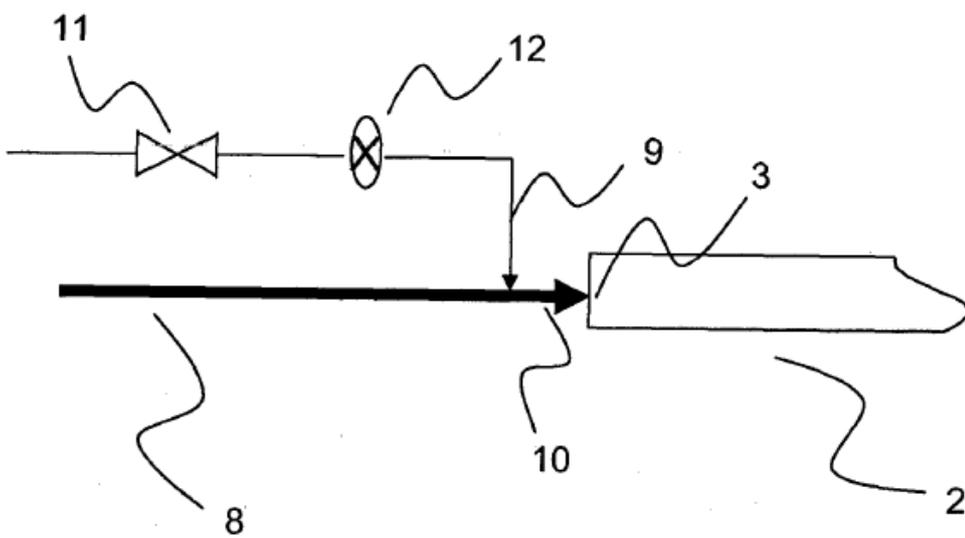


FIGURA 3

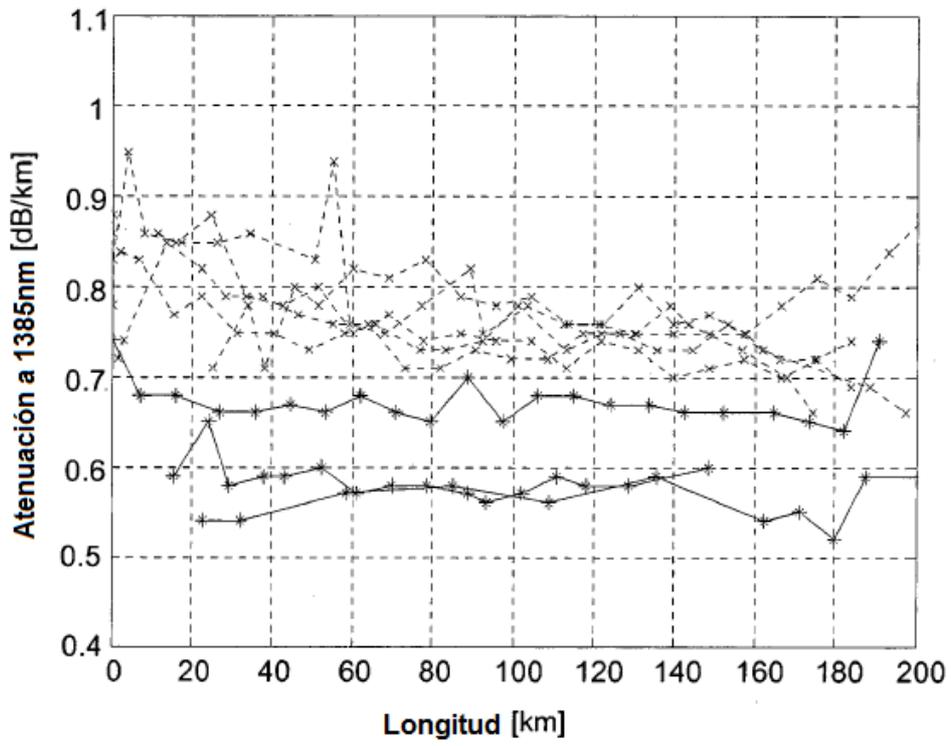
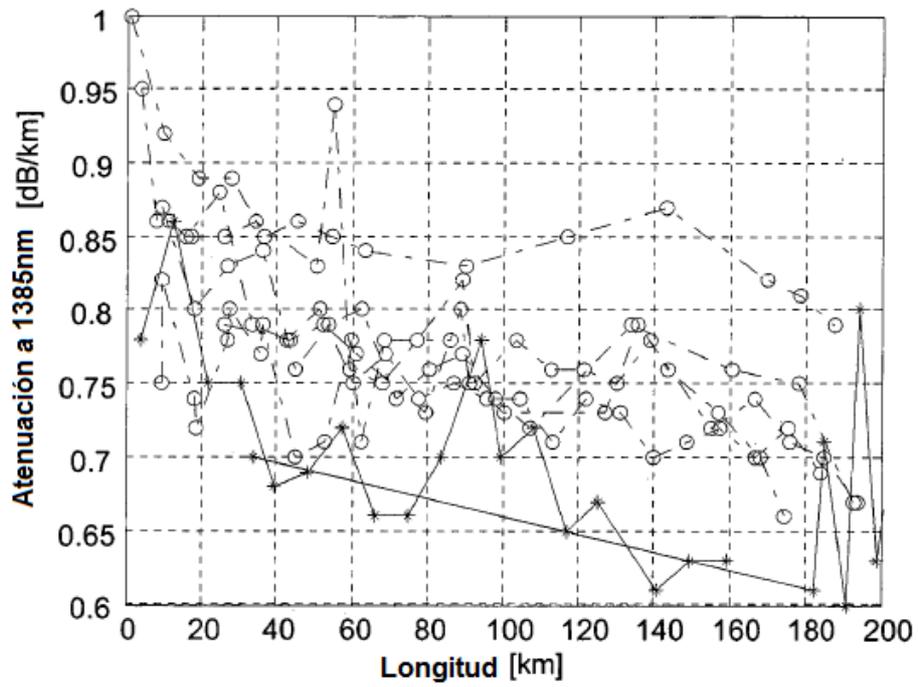


FIGURA 4



REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

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.

5

Documentos de patente citados en la descripción

- US 20050000253 A [0004] [0063]
- JP 2000327360 A [0005]
- US 2009004404 A [0006]
- US 2005081566 A [0007]
- JP 56104735 A [0008]
- DE 1037163 [0052]
- DE 1037164 [0053]
- US 20080044150 A [0063]
- US 20050120751 A [0063]
- US 20080063812 A [0063]
- US 20050041943 A [0063]
- US 4741747 A [0063]
- US 4493721 A [0063]
- US 20070289532 A [0064]
- US 20030159781 A [0064]
- US 20050172902 A [0064]
- US 4844007 A [0064]
- US 4714589 A [0064]
- US 4877938 A [0064]
- US 2010154479 A [0069]
- DE 1033769 [0106]