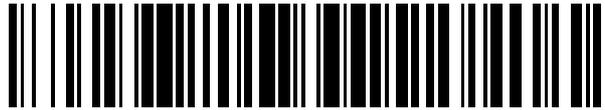


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 577 940**

51 Int. Cl.:

C03B 37/018 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.09.2012 E 12184790 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.04.2016 EP 2573055**

54 Título: **Preforma primaria para fibras ópticas de vidrio y procedimiento para su fabricación**

30 Prioridad:

20.09.2011 NL 2007448

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

19.07.2016

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;

ALDEA, EUGEN y

CLEVEN, GERARDUS FRANCISCUS

74 Agente/Representante:

ARPE FERNÁNDEZ, Manuel

ES 2 577 940 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

Preforma primaria para fibras ópticas de vidrio y procedimiento para su fabricación

- 5 **[0001]** La presente invención se refiere a un procedimiento para fabricar una preforma primaria para una fibra óptica, utilizando un proceso de deposición química en fase vapor asistida por plasma, en el que precursores de formación de vidrio dopados o sin dopar se suministran al interior de un tubo de sustrato de vidrio hueco, una zona de reacción en forma de un plasma se mueve hacia atrás y adelante a lo largo de la longitud del anteriormente mencionado tubo de sustrato de vidrio hueco entre un punto de inversión cerca del lado de suministro y un punto de inversión cerca del lado de descarga del tubo de sustrato hueco, en el que el tubo de sustrato se coloca en un horno y en el que en la zona de reacción mencionada anteriormente se crean condiciones tales que una o más conjuntos de capas de vidrio compuestas por, al menos, dos capas de vidrio separadas se depositan en el interior del tubo de sustrato antes mencionado. La presente invención se refiere además a un procedimiento para fabricar una preforma final para fibras ópticas, así como preformas primarias, preformas finales y fibras ópticas obtenidas con ellos.
- 10 **[0002]** En las técnicas de deposición en fase de vapor interna, una mezcla reactiva consistente en gases de formación de vidrio y opcionalmente dopantes opcional, se suministra en el lado de suministro un tubo de sustrato de vidrio hueco, después de lo cual dichos gases se convierten en vidrio en una zona de reacción. Los gases sin reaccionar y/o productos residuales, se descargan a través del lado de descarga del tubo de sustrato de vidrio hueco.
- 15 **[0003]** En un proceso de deposición en fase de vapor interna de tipo PCVD (Plasma Chemical Vapour Deposition [deposición química en fase de vapor asistida por plasma]), la zona de reacción es un plasma que se desplaza hacia atrás y adelante a lo largo de la longitud del tubo de sustrato de vidrio hueco. En un proceso PCVD, las capas de vidrio se depositan directamente en el interior del tubo de sustrato de vidrio hueco, independientemente de la dirección en la que se desplaza la zona de reacción. Un proceso PCVD es conocido, entre otros, a partir de los documentos US 4.741.747, US 5.145.509, US 5.188.648, WO 2004/101458 y US 2008/0044150.
- 20 **[0004]** En un proceso de deposición en fase de vapor interna del tipo MCVD (Modified Chemical Vapour Deposition [deposición química en fase de vapor modificada]) o FCVD (Furnace Chemical Vapour Deposition [deposición química en fase de vapor en horno]), la reacción de los gases de formación de vidrio y agentes de dopado opcionales se activa por calentamiento del exterior del tubo de sustrato de vidrio hueco, utilizando un quemador o un horno, respectivamente. En el zona de reacción, que se encuentra cerca del quemador o del horno, los gases de formación de vidrio se convierten en un así llamado hollín, cuyo hollín se deposita sobre el interior del tubo de sustrato de vidrio hueco bajo la influencia de termoforesis. Dicho hollín se convierte en el vidrio mediante calentamiento. En un proceso de MCVD o FCVD, las capas de vidrio se depositan sólo cuando la zona de reacción se desplaza en la dirección del lado de descarga del tubo de sustrato de vidrio hueco. Los procesos de PCVD, MCVD y FCVD son conocidos en la técnica.
- 25 **[0005]** El documento JP 57-51.139 describe un proceso de MCVD, en el que se produce un material de partida para una fibra óptica. En un ciclo, un número de capas de vidrio se depositan en el interior de un tubo de sustrato, con la deposición empezando desde una posición cerca del lado de suministro y variando para cada capa vidrio la distancia a lo largo de la cual se desplaza la zona de reacción en la dirección del lado de descarga. El material de partida es producido sucesivamente una pluralidad de ciclos.
- 30 **[0006]** Una fibra óptica consta de un núcleo y una capa exterior que rodea dicho núcleo, también referida como "revestimiento". El núcleo por lo general tiene un índice de refracción más alto que el revestimiento, por lo que la luz puede ser transportada a través de la fibra óptica.
- 35 **[0007]** El núcleo de una fibra óptica puede consistir en una o más capas concéntricas, cada una con un espesor específico y un índice de refracción específico o un gradiente de índice de refracción específico en dirección radial.
- 40 **[0008]** Una fibra óptica que tiene un núcleo que consiste en una o más capas concéntricas que tienen un índice de refracción constante en dirección radial también se refiere como una fibra óptica de índice en escalón (múltiple). La diferencia entre el índice de refracción n_i de una capa concéntrica y el índice de refracción n_{ci} del revestimiento se puede expresar en un valor llamado delta, indicado como Δ_i % y se puede calcular según la siguiente fórmula:
- 45
- 50

$$\Delta_i \% = \frac{n_i^2 - n_{ci}^2}{2n_i^2} * 100\%$$

55 donde:

n_i = valor del índice de refracción de la capa i

n_{ci} = valor del índice de refracción del revestimiento

- 60 **[0009]** Una fibra óptica puede también ser fabricada de manera tal que se obtenga un núcleo con un denominado perfil de índice de refracción de índice de gradiente. Un perfil de índice de refracción radial tal se define tanto con un

valor delta $\Delta\%$ como con un llamado valor alfa α . El índice de refracción máximo en el núcleo se utiliza para determinar el valor $\Delta\%$. El valor alfa se puede determinar por medio de la fórmula siguiente:

$$n(r) = n_1 \left(1 - 2\Delta\% \left(\frac{r}{a} \right)^\alpha \right)^{\frac{1}{2}}$$

5 donde:

n_1 = valor del índice de refracción en el centro de la fibra

a = radio del núcleo índice de gradiente [μm]

α = valor alfa

10 r = posición radial en la fibra [μm]

[0010] Un perfil de índice de refracción radial debe considerarse como una representación del índice de refracción como una función de la posición radial en una fibra óptica. Del mismo modo, es posible representar gráficamente la diferencia de índice de refracción con el revestimiento como una función de la posición radial en la fibra óptica, lo que también puede ser considerado como un perfil de índice de refracción radial.

15 [0011] La forma del perfil de índice de refracción radial, y en particular los espesores de las capas concéntricas y el índice de refracción o el gradiente de índice de refracción en la dirección radial del núcleo determina las propiedades ópticas de la fibra óptica.

[0012] Una preforma primaria comprende uno o más capas de preforma que forman la base para una o más capas concéntricas de núcleo y/o parte del revestimiento de la fibra óptica que se puede obtener a partir de una preforma final.

20 [0013] Una capa de preforma está construida por numerosas capas de vidrio. En un proceso de deposición en fase de vapor interna, la capa que se deposita es una capa de vidrio sobre el desplazamiento de la zona de reacción desde el lado de suministro al lado de descarga o desde el lado de descarga al lado de suministro.

25 [0014] Una preforma final como se refiere aquí es una preforma a partir del cual se fabrica una fibra óptica, utilizando un proceso de estirado de fibra.

[0015] Para obtener una preforma final, una preforma primaria se provee externamente de una capa adicional de vidrio, cuya capa adicional de vidrio comprende el revestimiento o parte del revestimiento. Dicha capa adicional de vidrio se puede aplicar directamente a la preforma primaria. También es posible colocar la preforma primaria en un tubo de vidrio ya formado, también referido como "tubo de camisa". Dicha camisa puede ser contraída sobre la preforma primaria. Por último, una preforma primaria puede comprender tanto el núcleo como el revestimiento de una fibra óptica, por lo que no existe necesidad de aplicar una capa adicional de vidrio. Una preforma primaria es en este caso idéntica a una preforma final. Un perfil de índice de refracción radial se puede medir en una preforma primaria y/o en una preforma final.

30 [0016] La longitud y el diámetro de una preforma final determina la longitud máxima de la fibra óptica que se puede obtener a partir de la preforma final.

[0017] Para disminuir los costes de producción de las fibras ópticas y/o aumentar el rendimiento por preforma primaria, el objetivo, por tanto, es producir una longitud máxima de fibra óptica que cumpla con los estándares de calidad requeridos, y a partir de una preforma final.

40 [0018] El diámetro de una preforma final puede aumentarse mediante la aplicación de una capa de vidrio adicional más gruesa a una preforma primaria. Dado que las propiedades ópticas de una fibra óptica están determinadas por el perfil de índice de refracción radial, la capa de vidrio adicional debe estar en todo momento en la proporción correcta respecto del espesor de capa de las capas de preforma de la preforma primaria que formarán el núcleo, más particularmente, la capa o las capas concéntricas del núcleo, en la fibra óptica. En consecuencia, el espesor de capa de la capa de vidrio adicional aplicada a la preforma primaria está limitada por el espesor de las capas de preforma que se están formando por medio del proceso de deposición en fase de vapor interna.

45 [0019] La longitud de una preforma final puede aumentarse mediante el aumento de la longitud, más en particular, la longitud útil, de una preforma primaria. El término "longitud útil" se ha de entender como la longitud de la preforma primaria a lo largo de la cual las propiedades ópticas se mantienen dentro de límites de tolerancia predeterminados, cuyos límites de tolerancia han sido seleccionados de modo que se obtengan fibras ópticas que cumplan con los estándares de calidad deseados.

50 [0020] Para determinar la longitud útil de la preforma primaria, un perfil de índice de refracción radial se mide en numerosas posiciones a lo largo de su longitud, después de lo cual es posible, basándose en dichas mediciones, determinar un denominado perfil de índice de refracción longitudinal y un perfil geométrico longitudinal para cada capa de preforma, si se desea.

55 [0021] De esta manera, un perfil de índice de refracción longitudinal puede considerarse como la representación gráfica del índice de refracción de una capa de preforma como una función de la posición longitudinal en la

preforma. Naturalmente, también es posible utilizar la diferencia de índice de refracción en lugar del índice de refracción para determinar un perfil de índice de refracción longitudinal.

5 [0022] Un perfil geométrico longitudinal puede ser considerado como una representación gráfica del espesor de la zona de sección transversal de una capa de preforma como una función de la posición longitudinal en la preforma primaria. El área de sección transversal, también referido como CSA, se puede calcular a partir de un perfil de índice de refracción radial. El CSA se puede calcular como sigue:

$$10 \quad CSA_i = \frac{\pi}{4} (d_{i,u}^2 - d_{i,i}^2)$$

donde

15 C_{sai} = área de la sección transversal de la capa de preforma i [mm^2]
 $d_{i,u}$ = diámetro exterior de la capa de preforma i [mm]
 $d_{i,i}$ = diámetro interior de la capa de preforma i [mm]

20 [0023] La longitud útil de una preforma primaria es en particular afectada negativamente por el llamado "ahusamiento". El término "ahusamiento" se ha de entender como una desviación de la óptica y/o de las propiedades geométricas de la preforma primaria en las regiones cercana a los extremos de la misma. Se hace una distinción entre el ahusamiento óptico y el ahusamiento geométrico.

[0024] El ahusamiento óptico se refiere a las desviaciones del índice de refracción (o la diferencia de índice de refracción), mientras que el ahusamiento geométrico se refiere a desviaciones del área de la sección transversal de la capa de preforma.

25 [0025] Si una preforma primaria está construida con varias capas de preforma, los ahusamientos óptico y geométrico de las capas de preforma difieren entre sí.

[0026] Son conocidos en la técnica procedimientos para reducir el ahusamiento óptico y/o geométrico.

30 [0027] El documento de patente US número US 4.741.747, por ejemplo, da a conocer un procedimiento para la fabricación de preformas ópticas de acuerdo con el procedimiento PCVD, en el que capas de vidrio se depositan haciendo desplazar un plasma en vaivén entre dos puntos de inversión en el interior de un tubo de vidrio, con adición al tubo de una mezcla gaseosa reactiva a una temperatura comprendida entre 1100° C y 1300° C y una presión que oscila entre 1 hPa y 30 hPa. Haciendo desplazar el plasma, no linealmente en función del tiempo, cerca de, al menos uno de los puntos de inversión, se reduce la magnitud de la región que presenta geometría de deposición no constante en los extremos de la preforma óptica.

35 [0028] Los presentes inventores han encontrado que un procedimiento de este tipo conduce, ciertamente, a una reducción del ahusamiento geométrico pero que el ahusamiento óptico no mejora, o incluso empeora. Por otra parte, los presentes inventores han encontrado que es necesario en algunos casos influir sobre el índice de refracción del vidrio depositado también en otras posiciones fuera de las llamadas regiones de ahusamiento.

40 [0029] A pesar de que este modo es posible, utilizando los procedimientos de la técnica anterior, aumentar la longitud útil de una preforma primaria, existe necesidad de un procedimiento por medio del cual la longitud útil pueda ser aumentada aún más.

[0030] De acuerdo con ello, un objeto de la presente invención es proporcionar un procedimiento para fabricar preformas primarias de fibras ópticas que tengan una longitud útil grande.

45 [0031] Otro objeto de la presente invención es proporcionar un procedimiento para la fabricación de preformas primarias para fibras ópticas en el que la influencia sobre el ahusamiento óptico puede tener lugar independientemente del ahusamiento geométrico.

[0032] Aún otro objeto de la presente invención es proporcionar un procedimiento por medio del cual el índice de refracción y/o el área de la sección transversal, pueden ajustarse con precisión deseada como una función de la posición en la dirección longitudinal de la preforma primaria.

50 [0033] La presente invención como se ha descrito en la introducción se caracteriza porque el procedimiento comprende las etapas siguientes:

i) definir las condiciones de deposición para la deposición de una pluralidad sucesiva de capas de vidrio a depositar mutuamente adyacentes y formando un conjunto de capas de vidrio bajo las condiciones de deposición antes mencionadas,

55 ii) definir las condiciones de deposición para la deposición de una serie sucesiva de capas de vidrio a depositar mutuamente adyacentes y formando un subsecuente conjunto de capas de vidrio en las condiciones de deposición antes mencionadas, en el que las condiciones de deposición así definidas para i) y para ii) difieren entre sí, y

iii) posiblemente repetir las etapas i) y ii),

en el que las condiciones de deposición definidas en iii), pueden ser idénticas a las condiciones de proceso definidos en i) y ii). Basándose en el procedimiento anterior, se consiguen uno o más de los objetos de la presente solicitud.

60 [0034] Los presentes inventores han encontrado que la distribución axial del índice de refracción y el espesor de capa de las capas de vidrio que se depositan por medio del proceso de deposición química en fase de vapor interna asistida por plasma, dependen de numerosos factores de proceso, en relación a lo cual pueden mencionarse, entre

otros factores, la extensión de la deposición, el perfil de temperatura del horno situado alrededor del tubo de sustrato, el perfil de velocidad de la zona de reacción desplazable y la cantidad suministrada de oxígeno. A partir de los parámetros de proceso antes mencionados, es posible establecer una distribución muy uniforme tanto del perfil de índice de refracción como del espesor de capa a lo largo de la longitud del tubo de sustrato. Así, los presentes inventores, pretenden establecer el presente procedimiento, de manera que el objetivo sea obtener un resultado máximo tanto en cuanto a la uniformidad del índice de refracción como en cuanto el espesor de capa.

[0035] La presente invención se basa, por tanto en la suposición de que a fin de obtener un perfil más uniforme en cuanto al índice de refracción y/o al espesor de capa a lo largo de la longitud del tubo de sustrato, se hace uso de una combinación de conjuntos de capas de vidrio que, considerados individualmente, no tienen las propiedades deseadas en términos de índice de refracción o espesor de capa, pero que combinados entre sí, presentan las propiedades previstas. Los presentes inventores han alcanzado así la presente invención mediante la formación de conjuntos de capas de vidrio, utilizando el proceso de deposición química en fase de vapor interna asistida por plasma, en el que se utiliza una combinación de capas por el cual se obtiene un resultado que es más constante como función de la posición, tanto para el índice de refracción como para el área de la sección transversal del conjunto de capas de vidrio.

[0036] El término "conjunto de capas de vidrio" como se utiliza en la presente solicitud debe ser considerado como un conjunto de capas de vidrio situadas adyacentes entre sí. En particular, se aplica que las condiciones de deposición dentro de un conjunto de capas de vidrio que consta de una serie de capas de vidrio situadas mutuamente adyacentes son idénticas para unas y otras. Así, las condiciones de deposición del conjunto de capas de vidrio obtenido en la etapa i) son las mismas para cada capa de vidrio del presente conjunto de capas de vidrio. De acuerdo con la etapa ii) del presente procedimiento, se obtiene un conjunto de capas de vidrio subsiguiente, utilizando un proceso de deposición química en fase de vapor interna asistida por plasma, en el que las condiciones de deposición utilizadas para dicho conjunto de capas de vidrio sucesivas son diferentes de las condiciones de deposición para el conjunto de capas de vidrio obtenido de acuerdo con la etapa i). Las anteriormente mencionadas etapas i) y ii) se puede repetir, de acuerdo con lo que resulte necesario, obteniendo así conjuntos de capas de vidrio a, b, c, d, etc, con las condiciones de deposición para los conjuntos de capas de vidrio a, b, c, d diferentes entre sí. Así, es posible obtener varios conjuntos de capas de vidrio, utilizando un procedimiento de deposición química en fase de vapor por plasma interna, en el que se puede utilizar cualquier orden aleatorio de condiciones de deposición, con esta estipulación, las condiciones de deposición para los conjuntos de capas de vidrio situados mutuamente adyacentes que deben ser diferentes entre sí. Por tanto son posibles combinaciones de conjuntos de vidrio, por ejemplo, a, b, c, b, a, pero también combinaciones como a, b, c, d, a, b, c, etc. La presente invención no limita el número de conjuntos de capas de vidrio y, por tanto, puede comprender dos, tres, cuatro o incluso más conjuntos de capas de vidrio, en función de las condiciones especiales de perfil de la fibra de vidrio óptica. Es importante a este respecto que se utilicen las mismas condiciones de deposición dentro de un conjunto de capas de vidrio, y que las condiciones de deposición para un conjunto de capas de vidrio sucesivo sean diferentes de las utilizadas para el conjunto de capas de vidrio adyacente previamente obtenido por deposición. Por tanto, es deseable que las condiciones de deposición de capas de vidrio situadas mutuamente adyacentes dentro de uno y mismo conjunto de capas de vidrio se correspondan entre sí. Más en particular, es deseable que, dentro de un conjunto de capas de vidrio particular, el valor del índice de refracción de una capa de vidrio obtenida por deposición, corresponda al valor de índice de refracción de otra capa de vidrio obtenida por deposición. El número de capas de vidrio dentro de un conjunto de capas de vidrio no debe ser interpretado de manera limitativa. Además de eso, el número de capas de vidrio en el conjunto de capas de vidrio puede ser esencialmente diferente del número de capas de vidrio de otro conjunto de capas de vidrio.

[0037] La capa de vidrio se forma durante el desplazamiento de la zona de reacción. Esto significa que una sola capa de vidrio se forma tras el desplazamiento de la zona de reacción desde, por ejemplo, el lado de suministro hasta el lado de descarga. Si se siguen aplicando condiciones de proceso similares, también se formará una capa de vidrio con el desplazamiento de la zona de reacción desde el lado de descarga hasta el lado de suministro. La combinación de capas de vidrio así depositadas en el interior de un tubo de sustrato de vidrio forma un conjunto de capas de vidrio. Si una o más de las condiciones de proceso se cambia, da como resultado un índice de refracción que es diferente del conjunto de capas de vidrio anterior, por ejemplo, aumentando la cantidad de dopante en la mezcla reactiva, se iniciará la deposición de un "nuevo" conjunto de capas de vidrio. Y un "nuevo" conjunto capas de vidrio tal, puede comprender varias capas de vidrio, es decir, su número puede ser diferente del número de capas de vidrio presentes en el conjunto de capas de vidrio anterior (s). Y el valor del índice de refracción de cada conjunto de capas de vidrio puede ser diferente del valor del índice de refracción de otro conjunto(s) de capas de vidrio. La presente invención se basa en la idea de que el valor del índice de refracción promedio de los conjuntos de capas de vidrio hechos de una combinación de una serie de conjuntos de capas de vidrio individuales dispuestos adyacentes entre sí, donde es esencial la combinación de los conjuntos de capas de vidrio forme una así llamada capa de preforma y que los valores de índice de refracción individuales de cada conjunto de capas de vidrio pueda ser diferente del valor "combinado". El valor "combinado" es el factor clave. Y resultará claro que una preforma primaria puede constar de varias capas de preforma.

[0038] En la descripción antes mencionada solamente se ha hecho referencia al valor de índice de refracción pero el presente procedimiento es aplicable también para la característica técnica del área de la sección transversal (CSA), como se explicará a continuación en detalle.

[0039] Los presentes inventores han encontrado, además, que el valor del índice de refracción promedio de los conjuntos de capas de vidrio compuestos de una combinación de una serie de conjuntos de capas de vidrio

individuales dispuestos mutuamente adyacentes se considera como la combinación de los valores de índice de refracción de cada conjunto de capas de vidrio individual, en el que los valores de índice de refracción de, al menos, dos de tales conjuntos de capas de vidrio individuales del conjunto de capas de vidrio combinado mencionado anteriormente difieren entre sí.

5 **[0040]** Además se aplica que el área de la sección transversal (CSA) de los conjuntos de capas de vidrio compuestos de una combinación de una serie de conjuntos de capas de vidrio individuales dispuestos mutuamente adyacentes se considera como una combinación de los valores CSA de cada conjunto de capas de vidrio individual, en el que los valores de CSA de, al menos, dos de dichos conjuntos de capas de vidrio individuales del conjunto de capas de vidrio combinado mencionado anteriormente difieren entre sí.

10 **[0041]** La presente invención no está de ningún modo limitada a un número determinado de conjuntos de capas de vidrio, como tampoco al número de capas de vidrio en un conjunto de capas de vidrio particular.

[0042] La presente invención se basa en la percepción de que cuando se estira una preforma final, los espesores de capa de las capas de vidrio depositadas utilizando un proceso de deposición en fase de vapor interna se reducen drásticamente en la preforma final. Una fibra óptica típica tiene un diámetro de 125 μm. Una preforma final para fibras de modo único tiene un diámetro de alrededor de 100 a 150 mm, por ejemplo, o incluso mayor. El espesor de las capas de preforma, y por tanto también el espesor de las capas de vidrio de la preforma final, por lo tanto, se reduce por un factor del orden de aproximadamente 800 a 1200, o incluso más, durante la fabricación de la fibra óptica.

15 **[0043]** Los presentes inventores se han dado cuenta de que la forma en que la luz se propaga a través de la fibra óptica está influenciada por las propiedades medias de una serie de capas de vidrio adyacentes en vez de por las propiedades de cada capa de vidrio individual. Así, los presentes inventores han encontrado que es posible construir una capa de preforma a partir de conjuntos de capas de vidrio, en donde cada conjunto de capas de vidrio se compone de, al menos, dos capas de vidrio y en donde las propiedades ópticas de los conjuntos de capas de vidrio se diferencian entre sí, pero que la combinación de conjuntos de capas de vidrio no tiene efecto sobre la propagación de la luz a través de la fibra óptica.

20 **[0044]** Utilizando la presente invención, por lo tanto, es posible ajustar las condiciones de deposición de las capas de vidrio de tal manera que el ahusamiento geométrico se minimiza, mientras que el ahusamiento óptico está apenas influenciado, en todo caso. Utilizando la presente invención, es además posible establecer las condiciones de deposición de las capas de vidrio, de tal manera que el ahusamiento óptico se minimiza, mientras que en todo caso el ahusamiento geométrico es difícilmente influenciado de este modo. Dicho de otra manera, utilizando la presente invención, se ha encontrado que es posible ajustar el ahusamiento óptico y el ahusamiento geométrico de manera independiente entre sí. En consecuencia, la longitud útil de una preforma primaria puede aumentarse en comparación con los procedimientos de la técnica anterior.

25 **[0045]** La presente invención proporciona además una posibilidad fabricar una preforma primaria en la que la relación de las superficies de la sección transversal de las distintas capas de preforma es sustancialmente constante a lo largo de la longitud de la preforma primaria, pero en la que los espesores de capa de las capas de preforma no son constante a lo largo de la longitud de la preforma primaria. Una preforma primaria tal, puede ser provista de una capa de vidrio adicional en una etapa de procesamiento adicional, siendo seleccionado el espesor de capa de la capa de vidrio adicional, de manera que la relación entre el área de la sección transversal de la capa de vidrio adicional y el área de la sección transversal de la capa de preforma será constante a lo largo de la longitud de la preforma primaria. De esta forma se obtiene una preforma primaria final en la que la relación entre la capa adicional y las capas de preforma es constante a lo largo de la longitud de la preforma final. El diámetro exterior de una preforma final tal no es por lo general constante en la dirección longitudinal. La tecnología mencionada anteriormente también se denomina "perfil de sobre revestimiento". Después de ser estirada en una fibra que tiene un diámetro exterior constante, una preforma final producida basada en la tecnología de perfil de sobre revestimiento tecnología dará lugar a una fibra en la que los espesores de capa de las capas concéntricas del núcleo y del revestimiento son, vistos en dirección longitudinal, sustancialmente constantes, que a su vez dará lugar a una fibra que, vista en dirección longitudinal, presenta propiedades ópticas sustancialmente constantes.

30 **[0046]** En una realización preferida, cada una de las capas de vidrio de un conjunto de capas de vidrio, tiene un espesor, visto en dirección radial, que oscila de 0,1 μm a 10 μm, preferiblemente de 0,5 μm a 5 μm.

35 **[0047]** En otra realización preferida, el número de capas de vidrio de las que consta un conjunto de capas de vidrio, oscila de 2 a 100, preferiblemente de 2 a 50 y más preferiblemente de 4 a 30. Un número relativamente alto de capas de vidrio hace que sea posible realizar un control preciso de las propiedades ópticas promedio del conjunto de capas de vidrio. Un pequeño número de capas de vidrio es relativamente fácil de controlar, pero impone límites en cuanto a las posibilidades de ajuste de las propiedades ópticas promedio del conjunto de capas de vidrio. Un proceso que es fácilmente controlable en la práctica puede llevarse a cabo, utilizando un conjunto de capas de vidrio que comprende alrededor de 10 a 20 capas de vidrio.

40 **[0048]** El número de capas de vidrio de un conjunto de capas de vidrio se ajusta preferiblemente de modo que se cumpla la siguiente condición:

45
$$N \leq 0,1 * \lambda * Q_{\text{final}} / d * Q_{\text{fibra}}$$

50 donde

N = número de capas de vidrio de un conjunto de capas de vidrio [-]

λ = longitud de onda mínima utilizada de la fibra óptica [μm]

d = el espesor de una capa de vidrio en un conjunto de capas de vidrio de una preforma primaria [μm]

Q_{final} = diámetro de la preforma final producido sobre la base de la preforma primaria [mm]

5 Q_{fibra} = diámetro de la fibra óptica [μm].

10 **[0049]** La definición de las condiciones de deposición comprende preferiblemente el ajuste de uno o más parámetros de proceso seleccionados de entre el grupo de: el flujo de los precursores de formación de vidrio a dosificar en el lado de suministro, el porcentaje de dopante (s), la velocidad de la zona de reacción, la intensidad del plasma en la zona de reacción y la longitud de la zona de reacción.

[0050] Se observa que el sentido de desplazamiento de la zona de reacción no debe ser considerado como una condición de deposición.

15 **[0051]** En la presente invención, es deseable que la respectiva condición de deposición se mantenga constante a lo largo de la longitud de deposición, a saber, la longitud del tubo de sustrato a lo largo de la cual la zona de reacción se desplaza entre los dos puntos de inversión, durante la deposición de capas de vidrio para formar un conjunto de capas de vidrio. En una realización especial se aplica así que la condición de deposición determinada para la deposición de conjunto de capas de vidrio compuesto de una serie de capas de vidrio es constante durante la deposición de dicho un conjunto capa de vidrio, y que la condición de deposición determinada para la deposición de otro conjunto de capas de vidrio formado por una serie de capas de vidrio también es constante durante la deposición de dicho otro conjunto de capas de vidrio, pero que la condición de deposición utilizada para dicho primer conjunto de capas de vidrio es diferente de la condición de deposición, utilizada para dicho otro conjunto de capas de vidrio.

20 **[0052]** Los dopantes pueden ser agentes que aumenten o disminuyan el índice de refracción. La presente invención no se limita a la utilización de un único dopante, también es posible utilizar una combinación de dopantes. Los dopantes utilizados pueden variar, además, con cada capa de vidrio del conjunto de capas de vidrio. Los dopantes adecuados son, por ejemplo, GeCl_4 , Po_2Cl_5 , N_2 , CF_4 , SiF_4 , C_2F_6 , C_4F_8 , CCl_2F_2 , SiF_4 , Si_2F_6 , SF_6 , NF_3 en F_2 .

25 **[0053]** Ajustando la cantidad de dopante a lo largo de la longitud de la preforma primaria es posible obtener un perfil de índice de refracción longitudinal deseado. Si es necesario, la velocidad de la zona de reacción también se puede configurar como una función de la posición a fin de influir sobre el espesor de la capa de vidrio en dirección longitudinal. De este modo también es posible influir en el papel geométrico.

30 **[0054]** Los gases, como el O_2 , Ar y He, puede tener un efecto en la intensidad del plasma cuando se suministran a la zona de reacción, produciendo como resultado que la eficacia de incorporación de dopantes puede ser aumentada o disminuida, según resulte el caso. Además, la cantidad total de vidrio depositado, y por lo tanto el espesor de capa de una capa de vidrio, pueden ser influenciado en cierta medida.

35 **[0055]** La longitud de deposición a considerar como la distancia entre un punto de inversión de la zona de reacción próximo al lado de suministro y un punto de inversión de la zona de reacción próximo al lado de descarga del tubo de sustrato de vidrio hueco. El ajuste de la longitud de la deposición puede así hacerse ajustando la posición de los puntos de inversión de la zona de reacción para las capas de vidrio de un conjunto de capas de vidrio. La variación de la longitud de deposición es una de las posibilidades para influir sobre el espesor de la capa del conjunto de capas de vidrio cerca del lado de suministro y/o del lado de descarga. Preferiblemente, la longitud de deposición se reduce en no más de la longitud del plasma en el lado de suministro. Además preferiblemente, la longitud de la deposición se reduce en no más de la longitud del plasma en el lado de descarga. La longitud del plasma en un proceso PCVD es de unos 5 cm a 60 cm, preferiblemente de 15 cm a 25 cm. Se observa que el ajuste de la longitud de la deposición no debe ser interpretado como definición de las condiciones de deposición.

40 **[0056]** La zona de reacción es preferiblemente un plasma generado por medio de microondas, que preferiblemente se desplaza en vaivén en la dirección longitudinal del tubo de sustrato de vidrio hueco, entre los dos puntos de inversión, a una velocidad promedio que oscila entre 2 m/min a 40 m/min, preferiblemente de 15 m/min a 25 m/min.

45 **[0057]** La preforma primaria comprende preferiblemente, al menos, una capa de preforma, cuya capa de preforma está construida, al menos, en parte de conjuntos de capas de vidrio, en la que la capa de preforma tiene, visto en dirección radial, un índice de refracción promedio sustancialmente constante. El principio de la presente invención se aplica tanto a capas de preforma que tienen un índice de refracción constante (promedio), referidas como capas de preforma de "índice en escalón", como a capas de preforma que tienen un índice de refracción no constante. Por ejemplo, la presente invención también se puede utilizar en la fabricación de preformas para fibras ópticas que tengan un núcleo del tipo de índice de gradiente, o un núcleo con un perfil de índice de refracción triangular.

50 **[0058]** Si una preforma primaria comprende varias capas de preforma diferentes, los conjuntos de capas de vidrio a base de los cuales se construyen dichas diferentes capas de preforma, pueden ser diferentes entre sí. Una primera capa de preforma puede, por ejemplo, ser construida a base de conjuntos de capas de vidrio que comprenden diez capas de vidrio, mientras que una segunda capa de preforma se construye a base de conjuntos de capas de vidrio que comprenden dieciséis capas de vidrio. Las condiciones de deposición para los diferentes conjuntos de capas de vidrio también pueden diferir entre sí, pero se utilizan las mismas condiciones de deposición para cada una de las capas de vidrio dentro de un conjunto capas de vidrio tal.

55 **[0059]** La presente invención se refiere además a un procedimiento para fabricar una preforma final para una fibra óptica, que comprende las siguientes etapas:

60 i) fabricar una preforma primaria de acuerdo con la presente invención;

ii) contraer la preforma primaria obtenida en la etapa i) en una preforma primaria sólida bajo la influencia de una fuente de calor,

iii) aplicar opcionalmente una cantidad adicional de vidrio en el lado exterior de la preforma primaria sólida obtenida en la etapa ii) a fin de formar la preforma final.

5 [0060] Posteriormente una fibra óptica puede ser producida mediante calentamiento de un extremo de la preforma final y estirado de la fibra óptica a partir de ello.

[0061] La presente invención también se refiere a una preforma primaria susceptible de obtenerse, utilizando el presente procedimiento de fabricación de una preforma primaria para una fibra óptica, en la que las capas de vidrio de un conjunto de capas de vidrio tienen cada una un espesor; visto en dirección radial, que va de 0,1 μm a 10 μm , de preferencia el número de capas de vidrio de las que dicho conjunto de capas de vidrio se compone oscila entre 2 y 100.

[0062] La presente invención se explicará ahora en mayor detalle por medio de ejemplos con referencia a varias figuras, debiendo indicarse al respecto, que sin embargo, la presente invención está de ninguna manera limitada a los mismos.

15 La figura 1, muestra esquemáticamente un proceso de deposición química en fase de vapor asistida por plasma interna.

La figura 2, muestra esquemáticamente un perfil de índice de refracción radial de una fibra óptica de índice en escalón.

La figura 3, muestra dos ejemplos del perfil de índice de refracción de un llamado núcleo de modo único.

20 La figura 4, muestra un ejemplo del perfil de la sección transversal (CSA) como función de la posición de los diferentes conjuntos de capas de vidrio.

La figura 5, muestra un ejemplo del valor de índice de refracción como función de la posición de los diferentes conjuntos de capas de vidrio.

25 La figura 6, muestra el valor del índice de refracción de un núcleo de modo único como función de la posición en la varilla de preforma.

La figura 7, muestra el perfil de la sección transversal de un núcleo de modo único como función de la posición en la varilla de preforma.

La figura 8, muestra el perfil de índice de refracción como función de la posición para un núcleo compuesto por tres conjuntos de capas de vidrio.

30 La figura 9, muestra el perfil de índice de refracción promedio como función de la posición para un núcleo compuesto por tres conjuntos de capas de vidrio.

La figura 10, muestra el perfil de la sección transversal promedio como función de la posición para un núcleo compuesto por tres conjuntos de capas de vidrio.

35 La figura 11, muestra un perfil de índice de refracción longitudinal de una preforma primaria fabricada de acuerdo con la técnica anterior, utilizando un proceso PCVD.

La figura 12, muestra un perfil de geometría longitudinal de la preforma primaria de acuerdo con el ejemplo comparativo.

40 [0063] La figura 1, muestra esquemáticamente un proceso de deposición en fase de vapor interna para fabricación de una preforma primaria para fibras ópticas. Un tubo de sustrato de vidrio hueco 5 tiene un lado de suministro 6 y el lado de descarga 7. El lado de suministro 6 y el lado de descarga 7 se puede colocar respectivamente entre una entrada de gas y una salida de gas (no mostradas). El lado de suministro 6 y el lado de descarga 7 se pueden restringir, por ejemplo por medio de un paso cilíndrico provisto de una junta tórica, de manera que el volumen interno del tubo de sustrato de vidrio hueco 5 está aislado de la atmósfera exterior. Una construcción tal, 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) se conecta a la salida de gas. Durante el proceso de deposición en fase de vapor, la mezcla reactiva conteniendo los gases formadores de vidrio y dopantes opcionales se suministra al lado de suministro 6. Cualesquiera dopantes adicionales que se proporcionen en el procedimiento de acuerdo con la presente invención, pueden ser suministrados directamente al lado de suministro 6 o mezclarse con la mezcla reactiva antes de ser suministrada.

50 [0064] En la figura 1 se muestra, además, una zona de reacción 8, cuya zona de reacción 8 se desplaza en vaivén durante el proceso de deposición en fase de vapor interna entre un punto de inversión 11 situado cerca del lado de suministro 6 y un punto de inversión 12 situado cerca del lado de descarga 7. La zona de reacción 8 tiene una longitud 9, vista en la dirección longitudinal del tubo de sustrato 5, que es relativamente pequeña en relación a la longitud de la deposición. Para un proceso PCVD, la longitud 9 es de alrededor de 5 cm a 60 cm.

55 [0065] La distancia entre los dos puntos de inversión es la longitud de deposición 10, cuya longitud de deposición 10 corresponde a la longitud a lo largo de la cual se depositan las capas de vidrio sobre el interior del tubo de sustrato de vidrio hueco 5. En un proceso de deposición en fase de vapor interna tipo PCVD, al menos, la longitud de deposición 10 y los dos puntos de inversión puede estar rodeada por un horno (no mostrado), que se ajusta a una temperatura de aproximadamente 800 °C a 1300 °C, preferiblemente de 950 °C a 1100 °C.

60 [0066] Durante el proceso de deposición en fase de vapor interna, una mezcla de gases de los gases de formación de vidrio dopados o sin dopar se suministra a través del lado de suministro 6 del tubo de sustrato de vidrio hueco 5, cuyos gases de formación de vidrio se convierten, en la zona de reacción 8, en vidrio. Utilizando el movimiento de vaivén entre los puntos de inversión 11 y 12 de la zona de reacción 8, en el interior del tubo de sustrato de vidrio hueco 5, son depositadas una serie de capas de vidrio 3 (ver figuras 3 y 4).

[0067] La presente invención se refiere a un proceso de deposición en fase de vapor interna de tipo PCVD, en el que microondas se acoplan en el interior de un tubo de sustrato de vidrio hueco 5 a través de un espacio de resonancia, también llamado resonador, que rodea parcialmente el tubo de sustrato de vidrio hueco 5, visto en la dirección longitudinal, a fin de formar una zona de reacción 8, a saber un plasma. La longitud 9 de la zona de reacción 8, depende en particular de la construcción del resonador y los ajustes del proceso. La relación entre la longitud 9 de la zona de reacción y la longitud del resonador, visto en la dirección longitudinal, es de aproximadamente 0,5 a 3.

[0068] En un proceso PCVD, el espacio de resonancia se desplaza en vaivén a lo largo de la longitud del tubo de sustrato de vidrio hueco entre los puntos de inversión 11 y 12. Los resonadores son conocidos en la técnica, por ejemplo a partir de las 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 de baja presión, por lo que se entiende que la presión durante el proceso de deposición en fase de vapor interna se ajusta a un valor en el margen de 1 a 40 mbar, preferiblemente en el margen de 5 a 30 mbar.

[0069] En la figura 2, se muestra esquemáticamente un perfil de índice de refracción radial de una preforma primaria contraída para una fibra óptica. La preforma primaria comprende un núcleo 1 y un revestimiento 2. La diferencia de índice de refracción entre el núcleo 1 y el revestimiento 2 se representa como Δn_1 . Tanto el núcleo 1 como el revestimiento 2, tienen un valor de índice de refracción constante, visto en dirección radial. Así, se proporciona una preforma primaria para un tipo de índice en escalón de fibra óptica. Tras la fabricación de una preforma primaria según la figura 2, el revestimiento 2 comprende un tubo de sustrato 5 y, posiblemente, una o más capas de preforma adicionales (no mostrados); dichas capas de preforma adicionales deben ser consideradas como capas de preforma que se componen de varias capas de vidrio 3. Las capas de vidrio 3 se depositan durante el movimiento de vaivén de la zona de reacción 8 en el proceso de deposición en fase de vapor interna. Se observa que el tubo de sustrato 5 de la preforma primaria no debe ser considerado como capa de preforma.

[0070] El espesor de capa de una capa de vidrio en una preforma primaria se reduce muchas veces durante el procesamiento de la preforma primaria en una fibra óptica. Los espesores de capa de capas de vidrio individuales en un conjunto de capas de vidrio para un tipo PCVD proceso oscila entre 0,1 μm y 10 μm por capa de vidrio. Una preforma final tiene un diámetro externo, en función del tipo de fibra óptica fabricado, que oscila entre 50 mm y 200 mm, de modo que el espesor de capa de una capa de vidrio en la preforma primaria se reduce por un factor de 400 a 1600, respectivamente. La consecuencia de esto para preformas primarias fabricadas por medio de un proceso PCVD es que el espesor de capa de una capa de vidrio en la fibra óptica será muchas veces más pequeño que la longitud de onda de la luz que se propaga a través de la fibra, de manera que dicha luz está influenciada por un número relativamente grande de capas de vidrio adyacentes entre sí y no tanto por las capas de vidrio individuales.

[0071] Una fibra óptica se utiliza principalmente en el rango de longitud de onda comprendido entre aproximadamente 850 nm y 1.700 nm. Una fibra óptica típica tiene, además, un diámetro de aproximadamente 125 μm , más generalmente, el diámetro está comprendido en el rango de 80 μm a 250 μm .

[0072] Los presentes inventores suponen que, además del efecto del espesor de capa de una capa de vidrio, los dopantes presentes en una capa de vidrio se difunden ligeramente a capas de vidrio adyacentes durante el procesamiento de la preforma primaria en una fibra óptica. El resultado de esto es que las diferencias en los valores de índice de refracción entre las capas de vidrio adyacentes se reducen ligeramente.

[0073] La figura 3 muestra dos ejemplos del perfil de índice de refracción de un denominado núcleo de modo único. El perfil se muestra en el lado izquierdo es el de un núcleo de modo único ideal, en el que el índice de refracción presenta un valor constante en todo el radio. En el lado derecho se muestra esquemáticamente el principio de acuerdo con la presente invención. La deposición del núcleo se ha efectuado mediante la formación de varios conjuntos de capas de vidrio, también llamado "pilas", presentando los conjuntos de capas de vidrio distintos valores para el índice de refracción. Sin embargo, dentro de un conjunto de capas tal vidrio, el valor de índice de refracción es constante. Mediante la utilización de diferentes condiciones de deposición para diferentes conjuntos de capas de vidrio y la combinación de los valores de índice de refracción de los conjuntos de capas de vidrio así obtenido, se obtiene un valor de índice de refracción del núcleo promedio, que es idéntico al valor mostrado en el lado izquierdo de la figura. Aunque en la figura 3, se pueden distinguir hasta siete conjuntos de capas de vidrio diferentes, se debe entender que la aplicación no se limita a un número tal. Por otra parte, en el lado derecho los valores "altos" y "bajos" del índice de refracción de las pilas, de hecho, la combinación de pilas A y pilas B, son, así, siempre los mismos. También a este respecto ha de señalarse que la aplicación no se limita a la combinación de pilas de A y B, si no que son posibles muchas formas de realización, por ejemplo A B C B C A, etc.

[0074] La figura 4 muestra un ejemplo del perfil de sección transversal (CSA) como función de la posición de los diferentes conjuntos de capas de vidrio. La curva con el valor CSA más alto en el lado izquierdo de la figura puede ser considerado como el CSA de una primera pila. La línea con el valor CSA más bajo en el lado de la izquierda de la figura puede ser considerado como el CSA de una segunda pila. La línea restante es la media de la suma de las dos curvas anteriormente mencionadas.

[0075] La figura 5 muestra un ejemplo del valor de índice de refracción como función de la posición de conjuntos de capas de vidrio diferentes. La curva con el valor más alto del índice de refracción en el lado izquierdo de la figura se puede considerar como el índice de refracción de una primera pila. La curva con el valor más bajo del índice de refracción en el lado izquierdo de la figura se puede considerar como el índice de refracción de una segunda pila. La línea restante es la media de la suma de las dos curvas antes mencionadas.

[0076] Tanto en la figura 4 como en la figura 5, resulta evidente que el valor promedio presenta un comportamiento más uniforme como función de la posición.

[0077] La figura 6 muestra el valor del índice de refracción de un núcleo de modo único como función de la posición en la varilla de preforma, mientras que regiones que se desvían de la región central, a saber, entre 200 y 1000 mm, se puede distinguir en ambos extremos de la varilla de preforma. Tales valores de desviación limitan la utilización de la longitud de la barra de preforma a partir de la cual pueden ser obtenidas fibras ópticas.

[0078] La figura 7 muestra el perfil de la sección transversal de un núcleo de modo único como función de la posición en la varilla de preforma. Como en la figura 6, las regiones de desviación de la región central, a saber, de entre 200 y 1000 mm, se puede distinguir en ambos extremos en esta figura.

[0079] La figura 8 muestra el perfil de índice de refracción como función de la posición de un núcleo según la presente invención, que se compone de tres conjuntos de capas de vidrio. La longitud útil de la barra preformada de la que se pueden obtener fibras ópticas es mayor que la que se muestra en la figura 6 y la figura 7.

[0080] La figura 9 muestra el perfil de índice de refracción promedio como función de la posición de un núcleo según la presente invención, que se compone de tres conjuntos de capas de vidrio. También en esta figura se puede distinguir un aumento de la longitud útil de la barra preformada en comparación con la muestra de la figura seis y la figura 7.

[0081] La figura 10 muestra el perfil de la sección transversal promedio como función de la posición para un núcleo de acuerdo con la presente invención se compone de tres conjuntos de capas de vidrio. El aumento de la longitud útil de la varilla de preforma en comparación con la muestra en la figura 6 y la figura 7 es claramente discernible.

Ejemplo comparativo

[0082] La figura 11 muestra un perfil de índice de refracción longitudinal de una preforma primaria fabricada de acuerdo con la técnica anterior, utilizando un proceso PCVD. La posición a lo largo de la longitud de la preforma primaria se representa en el eje horizontal, mientras que el índice de refracción se representa en el eje vertical. La preforma primaria de acuerdo con el ejemplo comparativo tiene tres capas de preforma, a saber, un capa de preforma 13 que tiene un alto índice de refracción, que formará el núcleo de la fibra, una capa de preforma 14 y una capa de preforma 15. Dos líneas horizontales se muestran alrededor del valor de índice de refracción de cada capa de preforma 13, 14 y 15, cuyas líneas corresponden a los límites de tolerancia del índice de refracción de la capa de preforma.

[0083] Las mediciones del índice de refracción de las capas de preforma de la preforma primaria de acuerdo con el ejemplo comparativo, comienzan en una posición de alrededor de -175 mm y terminan en una posición de aproximadamente 950 mm.

[0084] Como se puede observar en dicha figura, el índice de refracción, en particular, de la capa de preforma 13 no se encuentra dentro de los límites de tolerancia a lo largo de parte de la longitud. Como resultado de ello, la longitud útil de la preforma primaria de acuerdo con el ejemplo comparativo en relación al índice de refracción se limita a la parte de la longitud entre las posiciones de aproximadamente -20 mm y 800 mm, o incluso inferior. El resultado de esto es que la longitud útil de la preforma primaria de acuerdo con el ejemplo comparativo es como máximo de aproximadamente 820 mm.

[0085] La figura 12 muestra un perfil de geometría longitudinal de la preforma primaria de acuerdo con el ejemplo comparativo. La posición a lo largo de la longitud de la preforma se representa en el eje horizontal, mientras que los diámetros de las capas de preforma se representan en el eje vertical. Los diámetros de las capas de preforma 13, 14 y 15, se muestran como función de la posición en la preforma primaria. Dos líneas horizontales se muestran en torno al valor de diámetro de cada capa de preforma 13, 14 y 15, cuyas las líneas corresponden a los límites de tolerancia para el diámetro de la capa de preforma.

[0086] Como se puede observar en dicha figura, el diámetro de, en particular, la capa de preforma 14 no se encuentra dentro de los límites de tolerancia a lo largo de parte de la longitud. Como resultado de ello, la longitud útil de la preforma primaria de acuerdo con el ejemplo comparativo en cuanto a las propiedades geométricas se limita a la parte de la longitud entre las posiciones de aproximadamente 0 mm y 1125 mm.

[0087] Puesto que la longitud útil de la preforma primaria de acuerdo con el ejemplo comparativo ya estaba limitada a causa del índice de refracción entre las posiciones -20 mm y 800 mm, la longitud útil de la preforma primaria de acuerdo con el ejemplo comparativo se limitará a la parte de la longitud entre las posiciones de 0 mm y 800 mm. Dicho de otra manera, la longitud útil de la preforma primaria de acuerdo con el ejemplo comparativo es de unos 800 mm.

REIVINDICACIONES

5 1. Procedimiento para fabricar una preforma primaria para una fibra óptica, utilizando un proceso de deposición
 10 química en fase de vapor asistida por plasma interna, en el que precursores de formación de vidrio dopados o sin
 dopar se suministran al interior de un tubo de sustrato de vidrio hueco, una zona de reacción en forma de un plasma
 se desplaza en vaivén y adelante y atrás a lo largo de la longitud del tubo de sustrato de vidrio hueco mencionado
 anteriormente entre un punto de inversión próximo al lado de alimentación y un punto de inversión próximo al lado
 de descarga del tubo de sustrato hueco, en el que el tubo de sustrato se coloca en un horno y en el que dichas
 condiciones se crean en la zona de reacción antes mencionada y uno o más conjuntos de capas de vidrio que se
 componen de, al menos, dos capas de vidrio separadas se depositan en el interior del tubo de sustrato mencionado
 anteriormente, caracterizado porque dicho procedimiento comprende las etapas siguientes:

15 i) definir condiciones de deposición para la deposición de una serie de capas de vidrio a depositar mutuamente
 adyacentes y formar un conjunto de capas de vidrio bajo las condiciones de deposición antes mencionadas,
 ii) definir condiciones de deposición para la deposición de una serie de capas de vidrio sucesivas a depositar
 mutuamente adyacentes y formar un conjunto de capas de vidrio subsiguiente bajo las condiciones de deposición
 antes mencionados, en el que las condiciones de deposición así definidas para i) y ii) se diferencian entre sí, y
 20 iii) posiblemente repetir las etapas i) y ii), en el que las condiciones de deposición definidas en iii) pueden ser
 idénticas a las condiciones de proceso definidas en i) y ii).

2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque las condiciones de deposición de capas
 de vidrio a estar mutuamente adyacentes dentro de un conjunto de capas de vidrio se corresponden entre sí.

25 3. Procedimiento de acuerdo con una o más de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque dentro de un
 conjunto de capas de vidrio particular, el valor del índice de refracción de una capa de vidrio obtenida por deposición
 corresponde al valor de índice de refracción de otra capa de vidrio obtenida por deposición.

30 4. Procedimiento de acuerdo con una o más de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el valor del
 índice de refracción promedio de los conjuntos de capas de vidrio compuestos de una combinación de varios
 conjuntos de capas de vidrio individuales dispuestos mutuamente adyacentes se ha de considerar como
 combinación de los valores de índice de refracción de cada conjunto de capas de vidrio individual, en el que los
 valores de índice de refracción de, al menos, dos de tales conjuntos de capas de vidrio individuales del conjunto de
 35 capas de vidrio combinado mencionado anteriormente difieren entre sí.

5. Procedimiento de acuerdo con una o más de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el área de la
 sección transversal (CSA) de los conjuntos de capas de vidrio compuestos de una combinación de varios conjuntos
 de capas de vidrio individuales dispuestos mutuamente adyacentes ha de ser considerada como una combinación
 de los valores de CSA de cada conjunto de capas de vidrio individual, en el que los valores de CSA de, al menos,
 40 dos de dichos conjuntos de capas de vidrio individuales del conjunto de capas de vidrio combinado antes
 mencionado se diferencian entre sí.

6. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera o más de las reivindicaciones anteriores, en el que cada capa de
 vidrio del respectivo conjunto de capas de vidrio tiene un espesor, visto en dirección radial, que oscila de 0,1 a 10
 45 micrómetros, preferiblemente de 0,5 a 5 micrómetros.

7. Procedimiento de acuerdo con una o más de las reivindicaciones anteriores, en el que el número de capas de
 vidrio en un conjunto de capas de vidrio varía de 2 a 100, preferiblemente de 2 a 50, más preferiblemente de 4 a 30.

50 8. Procedimiento de acuerdo con una o más de las reivindicaciones anteriores, en el que el número de capas de
 vidrio de un conjunto de capas de vidrio se ajusta de manera que se cumple la siguiente condición:

$$N \leq 0,1 * \lambda * Q_{\text{final}} / d * Q_{\text{fibra}}$$

55 donde

N = número de capas de vidrio en el conjunto de capas de vidrio [-]
 λ = longitud de onda mínima utilizada de la fibra óptica [μm]
 60 d = el espesor de una capa de vidrio en un conjunto de capas de vidrio de una preforma primaria [μm]
 Q_{final} = diámetro de la preforma final producido sobre la base de la preforma primaria [mm]
 Q_{fibra} = diámetro de la fibra óptica [mm].

65 9. Procedimiento de acuerdo con una o más de las reivindicaciones precedentes, en el que la definición de las
 condiciones de deposición comprende preferiblemente el ajuste de uno o más parámetros de proceso seleccionados

de entre el grupo del flujo de los precursores de formación de vidrio a dosificar al lado de suministro, el porcentaje de dopante(s), la velocidad de la zona de reacción, la intensidad del plasma en la zona de reacción y la longitud de la zona de reacción.

- 5 **10.** Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 9, en el que la respectiva condición de deposición se mantiene constante a lo largo de la longitud de deposición del tubo de sustrato a lo largo de la cual se desplaza la zona de reacción entre los dos puntos de inversión, durante la deposición de las capas de vidrio para formar un conjunto de capas de vidrio.
- 10 **11.** Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 10, en el que la condición de deposición determinada para la deposición de un conjunto de capas de vidrio compuesto de varias capas de vidrio es constante durante la deposición de dicho conjunto de capas de vidrio y en el que la condición de deposición determinada para la deposición del otro conjunto de capas de vidrio compuesto de varias capas de vidrio es también constante durante la deposición de dicho otro conjunto de capas de vidrio, pero en el que la condición de deposición utilizada para dicho conjunto de capas de vidrio es diferente de la condición de deposición utilizada para dicho otro conjunto de capas de vidrio.
- 15 **12.** Procedimiento de acuerdo con una o más de las anteriores reivindicaciones 1 a 11, en el que la preforma primaria comprende, al menos, una capa de preforma, cuya capa de preforma está, al menos, parcialmente construida por conjuntos de capas de vidrio y en el que la capa de preforma tiene, vista en dirección radial, un índice de refracción promedio esencialmente constante y/o un área de sección transversal promedio constante.
- 20 **13.** Procedimiento para fabricar una preforma final para una fibra óptica, que comprende las siguientes etapas:
i) fabricar una preforma primaria de acuerdo con una o más de las anteriores reivindicaciones 1 a 12;
25 ii) contraer la preforma primaria obtenida en la etapa i) en una preforma primaria sólida bajo la influencia de una fuente de calor,
iii) aplicar opcionalmente una cantidad adicional de vidrio en el lado exterior de la preforma primaria sólida obtenida en la etapa ii) a fin de formar la preforma final.
- 30 **14.** Procedimiento para producir una fibra óptica que comprende la fabricación de una preforma final de acuerdo con el procedimiento conforme a la reivindicación 13, seguido de un calentamiento de un extremo de dicha preforma final y estirado subsiguiente de la fibra óptica a partir de ello.
- 35 **15.** Preforma primaria susceptible de obtenerse a partir del procedimiento conforme a una o más de las reivindicaciones precedentes 1 a 12, caracterizada porque cada capa de un conjunto de capas de vidrio tiene un espesor, visto en dirección radial, que oscila entre 0,1 μm a 10 μm , oscilando preferiblemente el número de capas de vidrio de que se compone dicho conjunto de capas de vidrio de 2 a 100.

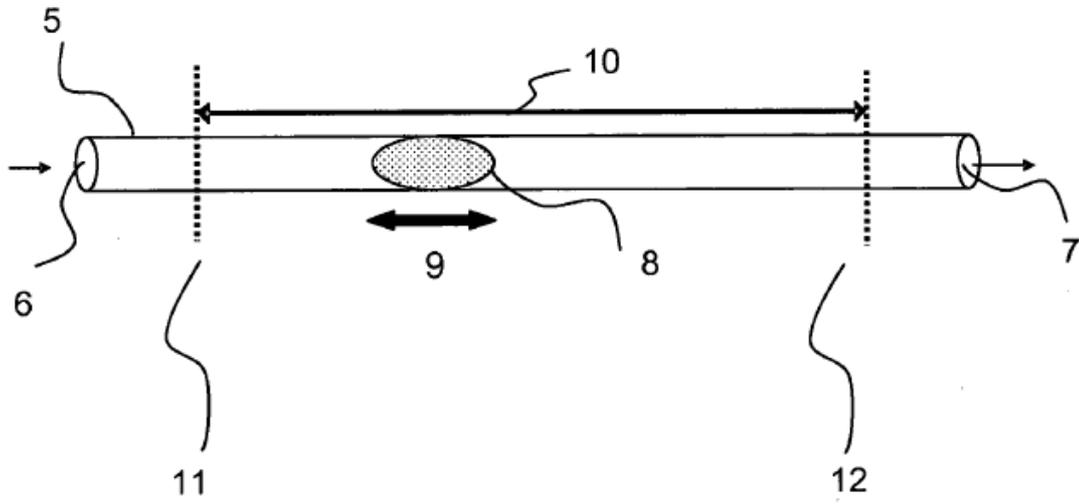


Fig. 1

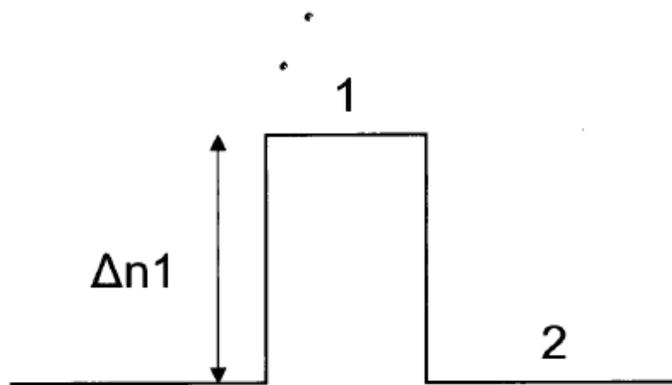


Fig. 2

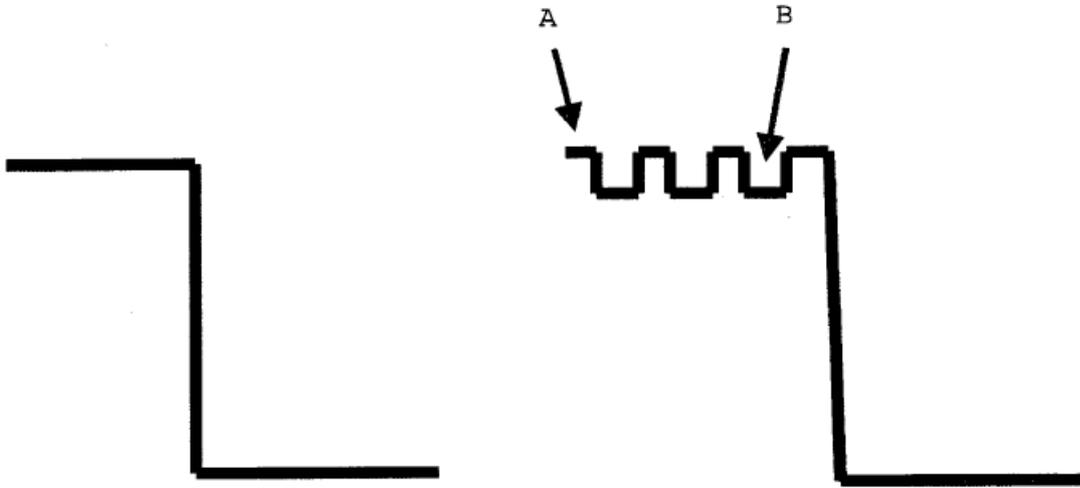


Fig. 3

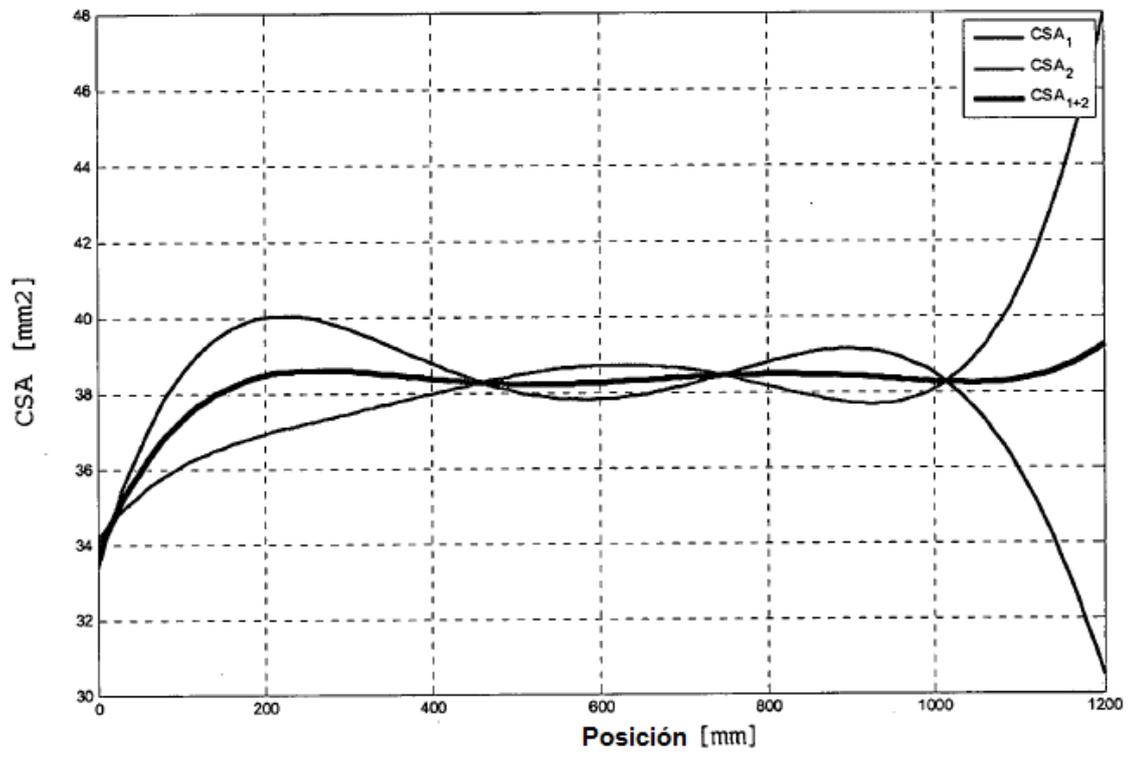


Fig. 4

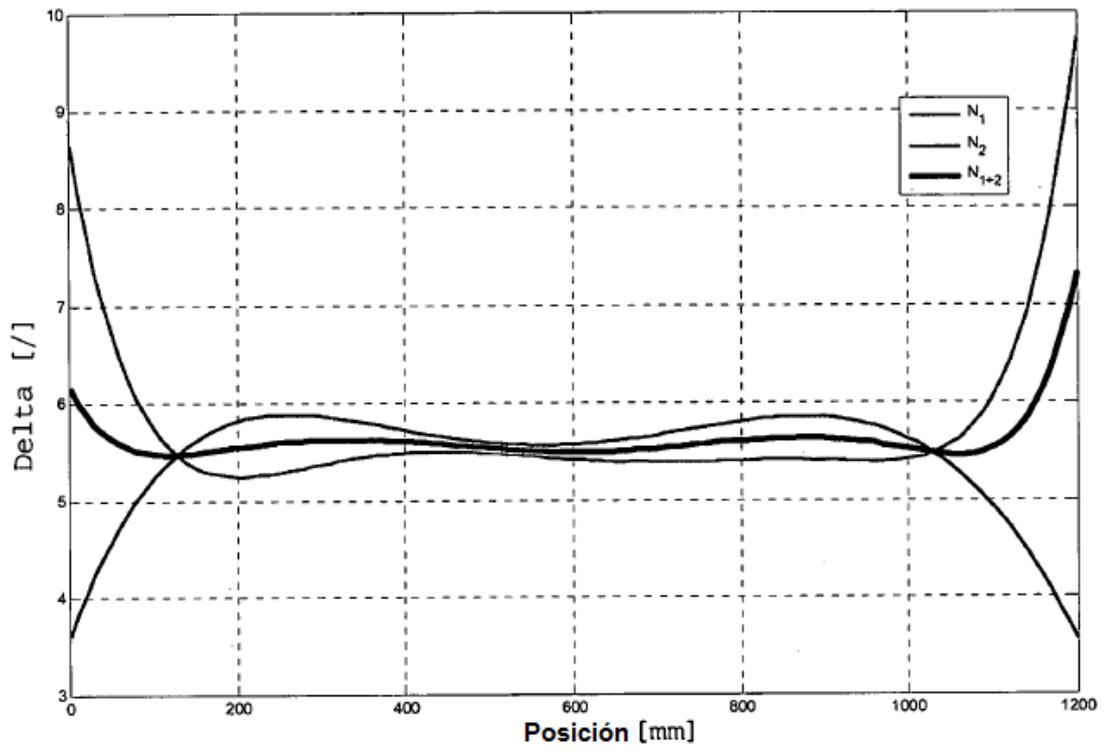


Fig. 5

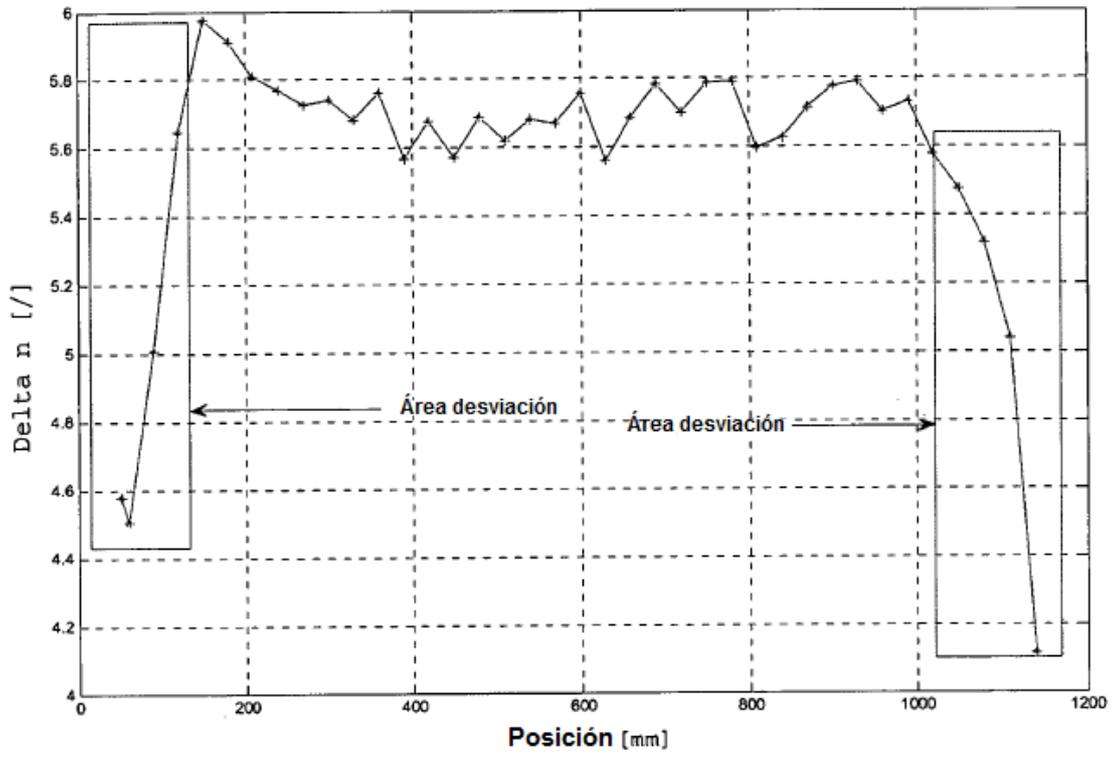


Fig. 6

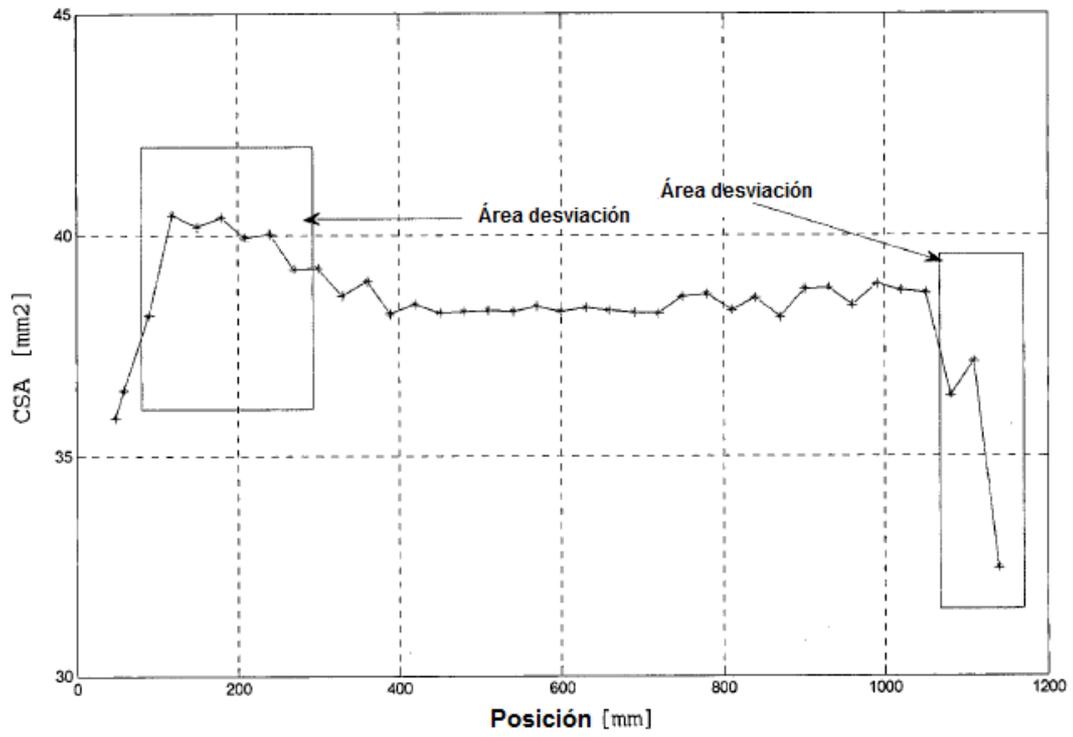


Fig. 7

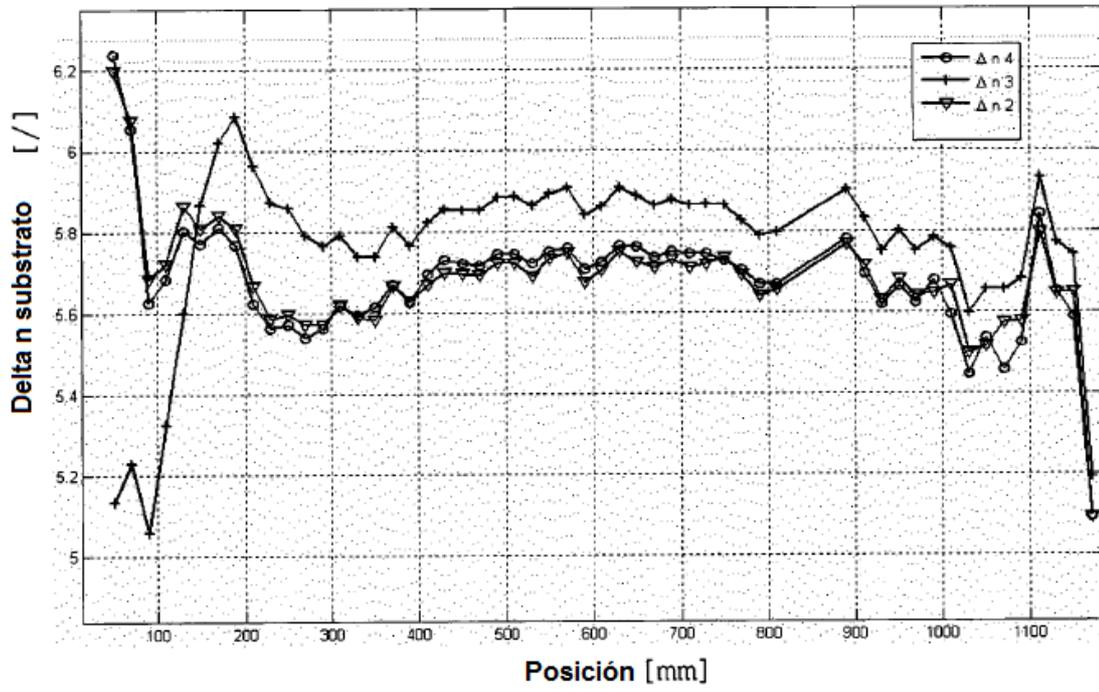


Fig. 8

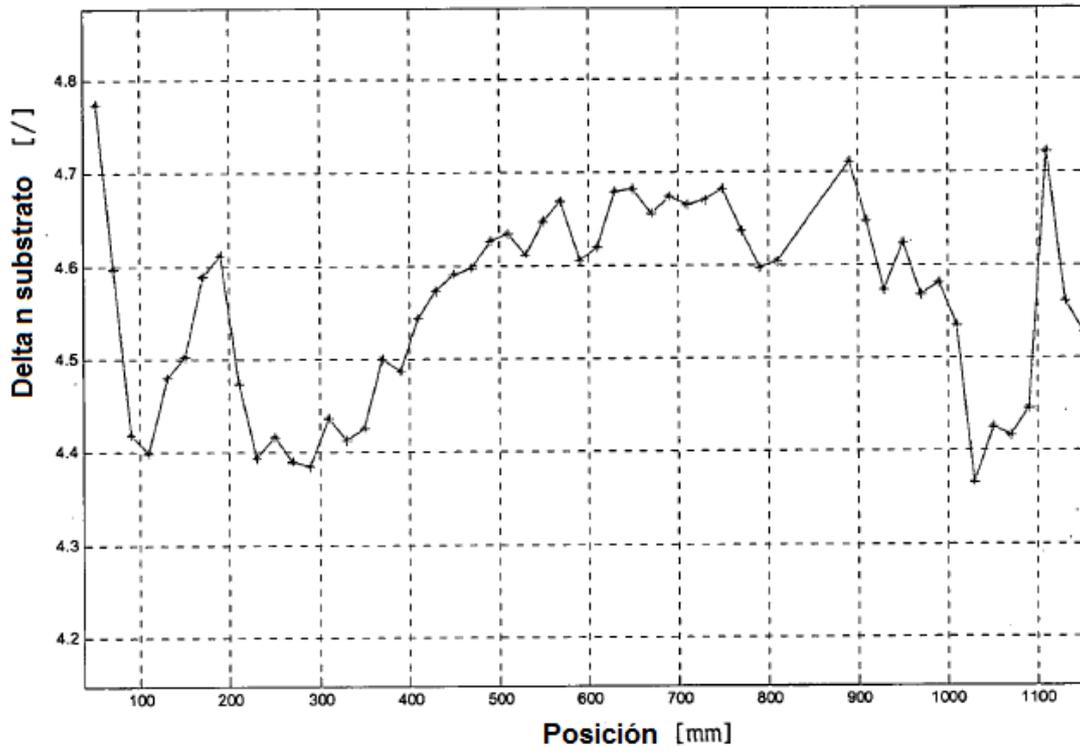


Fig. 9

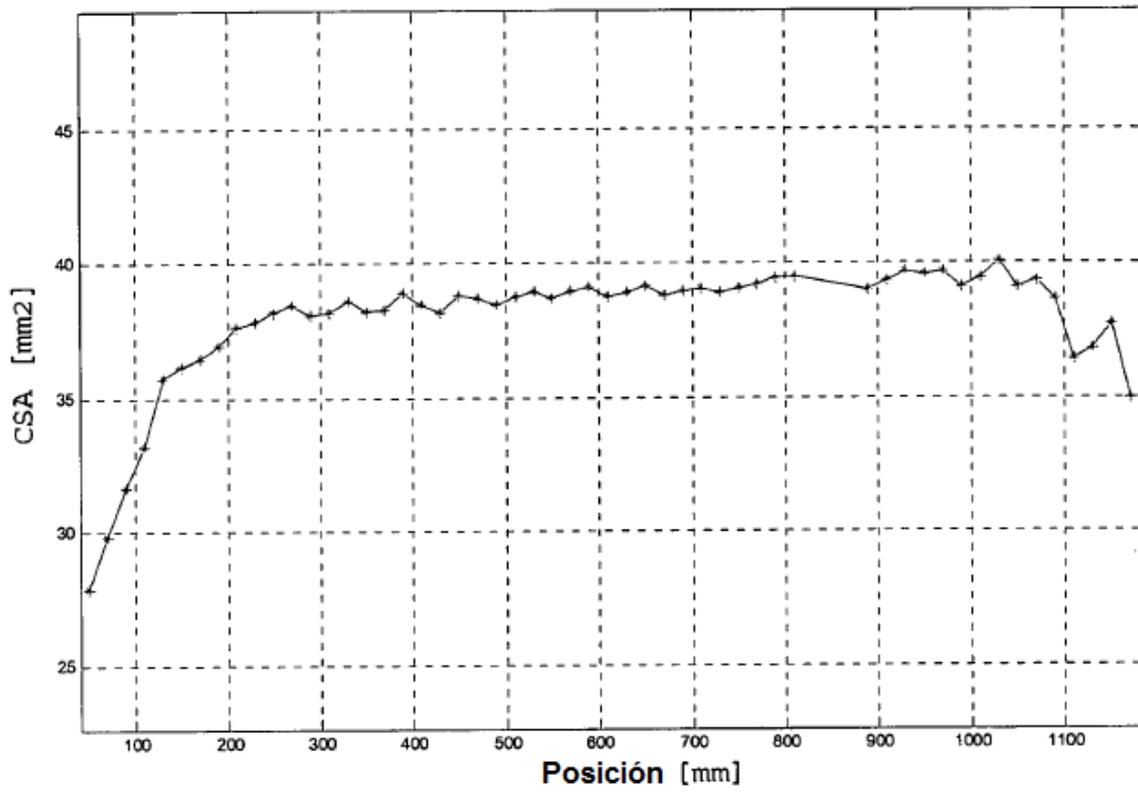


Fig. 10

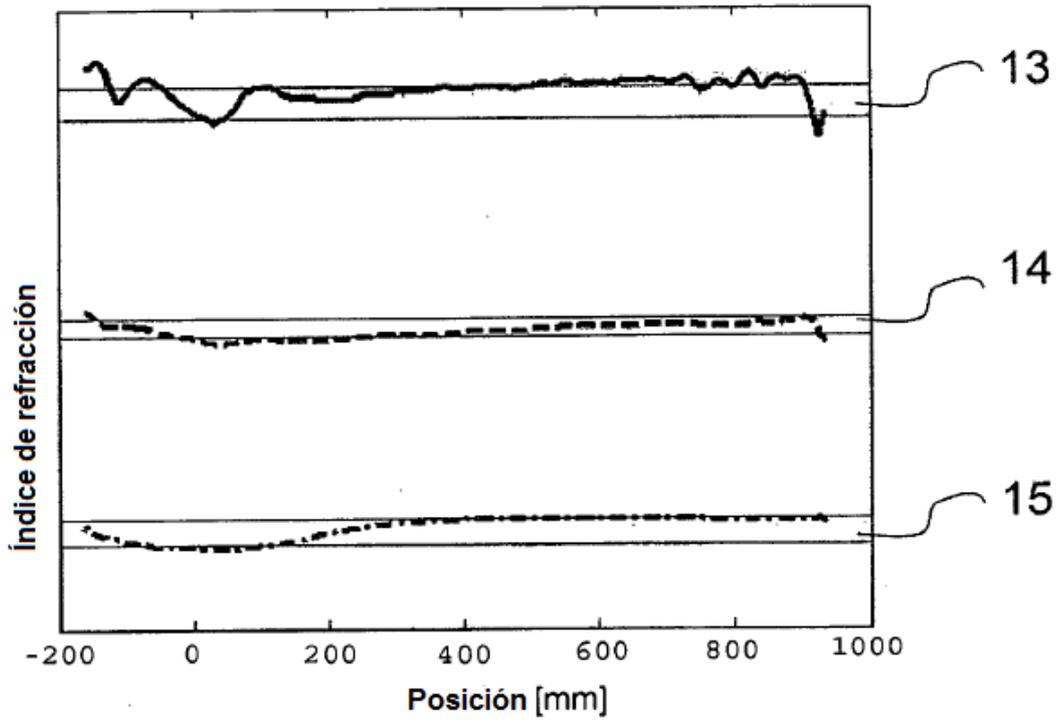


Fig. 11

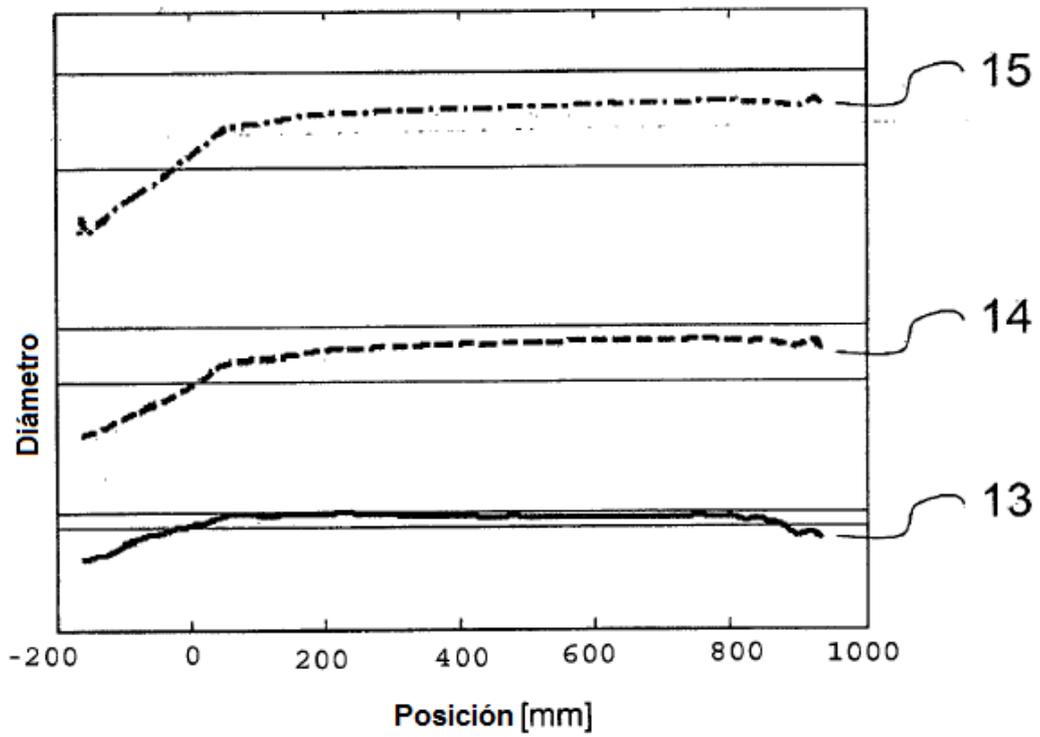


Fig. 12

REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

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

Documentos de patente citados en la descripción

- US 4741747 A [0003] [0027]
- US 5145509 A [0003]
- US 5188648 A [0003]
- WO 2004101458 A [0003]
- US 20080044150 A [0003]
- JP 57051139 A [0005]
- US 20070289532 A [0068]
- US 20030159781 A [0068]
- US 20050172902 A [0068]
- US 4844007 A [0068]
- US 4714589 A [0068]
- US 4877938 A [0068]

10