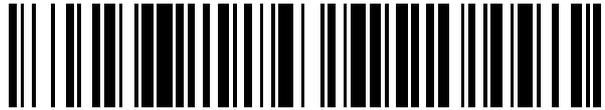


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 481 670**

51 Int. Cl.:

**C03B 37/018** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.07.2010 E 10171019 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.04.2014 EP 2279985**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para fabricar una preforma primaria para fibras ópticas**

30 Prioridad:

**30.07.2009 NL 1037163**

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

**31.07.2014**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

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

74 Agente/Representante:

**ARPE FERNÁNDEZ, Manuel**

**ES 2 481 670 T3**

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

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento y dispositivo para fabricar una preforma primaria para fibras ópticas

**[0001]** La presente invención se refiere a un procedimiento para la fabricación de una preforma primaria para fibras ópticas utilizando un proceso interno de deposición en fase de vapor, que comprende las etapas de:

- 5 i) proporcionar un tubo de sustrato de vidrio hueco que tiene un lateral de suministro y un lateral de descarga,
- ii) rodear al menos una parte del tubo de sustrato de vidrio hueco por un horno,
- iii) suministrar gases de formación de vidrio al interior del tubo de sustrato de vidrio hueco a través de su lado de suministro,
- 10 iv) crear una zona de reacción con condiciones tales que la deposición de vidrio tenga lugar en la superficie interna del tubo de sustrato de vidrio hueco, y
- v) desplazar la zona de reacción en un movimiento de vaivén a lo largo de la longitud del tubo de sustrato de vidrio hueco entre un punto de retorno situado cerca del lateral de suministro y un punto de retorno situado cerca del lateral de descarga del tubo de sustrato de vidrio hueco a fin de formar una o más capas de preforma sobre la superficie interior del tubo de sustrato de vidrio hueco, ambos de cuyos puntos de retorno se encuentran rodeados por el horno.
- 15

**[0002]** Un procedimiento como el descrito en la introducción se conoce *per se* a partir de la patente US N° 4.741.747. Más particularmente, la patente anteriormente mencionada, describe un procedimiento de fabricación de preformas ópticas de acuerdo con el procedimiento PCVD, en el que las capas de vidrio se depositan desplazando un plasma en vaivén entre dos puntos de retorno en el interior de un tubo de vidrio, mientras se añade una mezcla de gas reactivo al tubo a una temperatura comprendida entre 1100° C y 1300° C y una presión comprendida entre 1 y 30 hPa. Las regiones con geometría de deposición, no constante, de los extremos de la preforma óptica se reducen desplazando el plasma de manera no lineal en el tiempo en la zona de, al menos, uno de los puntos de retorno.

20

**[0003]** La solicitud de patente US 2003/0017262 se refiere a un aparato y procedimiento para la fabricación de una preforma de fibra óptica. A partir de dicha solicitud US, se conoce como dos fuentes de calor separadas se colocan a una distancia de separación predeterminada, vistas en la dirección longitudinal del tubo de sustrato. Las dos fuentes de calor se desplazan a lo largo de la longitud del tubo de sustrato, manteniéndose la separación predeterminada durante el proceso de MCVD (deposición química en fase de vapor modificada).

25

**[0004]** La patente US N° 4.608.070 describe un procedimiento para la fabricación de una preforma, en el que el proceso de deposición se lleva a cabo utilizando un perfil de temperatura, cuyo perfil de temperatura aumenta a lo largo de la longitud del tubo de sustrato.

30

**[0005]** La publicación de patente DE 32 06 17 revela un procedimiento para la fabricación de una preforma, en el que un horno de grafito rodea un tubo de sustrato, cuyo horno de grafito está provisto con una fuente de calor adicional, cuya fuente de calor funciona como un pre-calentador de la mezcla de gases a suministrar al tubo de sustrato. Las dos fuentes de calor pueden moverse sobre el tubo a lo largo de la longitud del mismo mientras se mantiene la separación entre las dos fuentes de calor.

35

**[0006]** La publicación de patente DE 36 19 379 se refiere a un procedimiento y un dispositivo para la fabricación de una preforma, en los que dos tubos dispuestos coaxialmente pueden ser calentados y enfriados de forma independiente para de esta manera efectuar un cambio de temperatura.

40

**[0007]** La patente US N° 4.331.462 se refiere a un procedimiento para la fabricación de una preforma por medio de un proceso de MCVD, usando una denominada zona de calentamiento en tándem formada por una zona I y una zona II.

45

**[0008]** Una fibra óptica consta de un núcleo y una capa exterior que rodea dicho núcleo, también referida como revestimiento. El núcleo, generalmente tiene un índice de refracción mayor que el revestimiento, de modo que la luz puede ser transportada a través de la fibra óptica.

**[0009]** El núcleo de una fibra óptica puede constar de 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.

**[0010]** Una fibra óptica que tiene un núcleo consistente en una o más capas concéntricas que tienen un índice de refracción constante en dirección radial, también se conoce como una fibra óptica de índice de salto. La diferencia entre el índice de refracción de una capa concéntrica y el índice de refracción del revestimiento se puede expresar como un llamado valor delta, indicado como  $\Delta$ ,% que puede ser calculado según la siguiente fórmula:

50

$$\Delta_i \% = \frac{n_i^2 - n_{cl}^2}{2n_i^2}$$

donde:

$n_i$  = valor del índice de refracción de la capa  $i$

$n_{cl}$  = valor del índice de refracción del revestimiento

- 5 **[0011]** Una fibra óptica también puede ser fabricada de manera tal que se obtenga un núcleo con un llamado perfil de índice de refracción de índice de gradiente. Tal perfil de índice de refracción radial se define tanto por un valor delta  $\Delta\%$  como por un llamado valor alfa  $\alpha$ . Para determinar el valor  $\Delta\%$ , se hace uso del índice de refracción máximo en el núcleo. El valor alfa se puede determinar por medio de la fórmula siguiente:

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

10

donde:

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

$a$  = radio del núcleo de índice de gradiente [ $\mu\text{m}$ ]

$\alpha$  = valor alfa

- 15  $r$  = posición radial en la fibra [ $\mu\text{m}$ ]

**[0012]** Un perfil de índice de refracción radial de una fibra óptica se ha de considerar 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, que también puede ser considerado como un perfil de índice de refracción radial.

- 20 **[0013]** 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.

- [0014]** Una preforma primaria comprende una o más capas de preforma que conforman la base de las una o más capas concéntricas del núcleo y o parte del revestimiento de la fibra óptica que puede obtenerse a partir de una preforma final. Una capa de preforma está construida de una pluralidad de capas de vidrio.

- 25 **[0015]** Una preforma final como es aquí referida, es una preforma a partir de la cual se fabrica una fibra óptica utilizando un proceso de estirado de fibra.

- [0016]** Para obtener una preforma final, una preforma primaria es provista externamente con 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 "camisa". Dicha camisa puede contraerse sobre la preforma primaria. Por último, una preforma primaria puede comprender tanto el núcleo y como el revestimiento de una fibra óptica, por lo que no hay 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.

- [0017]** 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.

- 30 **[0018]** Para disminuir los costes de producción de fibras ópticas y/o aumentar el rendimiento por preforma primaria, el objeto es producir, a partir de una preforma final, una longitud máxima de fibra óptica que cumpla con los estándares de calidad requeridos.

- 35 **[0019]** El diámetro de una preforma final puede aumentarse mediante aplicación de una capa más gruesa de vidrio adicional a una preforma primaria. Dado que las propiedades ópticas de una fibra óptica son determinadas por el perfil de índice de refracción radial, el espesor de la capa de vidrio adicional debe estar en todo momento en la

proporción correcta con el espesor de capa de las capas de preforma de la preforma primaria que formarán el núcleo, más particularmente, la una o más capas concéntricas del núcleo de la fibra óptica. En consecuencia, el espesor de capa de la capa de vidrio adicionalmente aplicada a la preforma primaria, está limitada por el espesor de las capas de preforma que se forma por medio del proceso de deposición en fase de vapor interna.

- 5 **[0020]** La longitud de una preforma final puede ser aumentada mediante el aumento de la longitud, más en particular, la longitud útil, de una preforma primaria. Como "longitud útil", se ha de entender la longitud de la preforma primaria a lo largo de la cual, las propiedades ópticas se mantienen dentro de unos límites de tolerancia predeterminados, cuyos límites de tolerancia han sido seleccionados de modo que se obtienen fibras ópticas que cumplen con los estándares de calidad deseados.
- 10 **[0021]** Para determinar la longitud útil de la preforma primaria, se mide un perfil de índice de refracción radial en una pluralidad de posiciones a lo largo de su longitud, después de lo cual es posible, a partir de dichas mediciones, elaborar un llamado perfil índice de refracción longitudinal y un perfil geométrico longitudinal para cada capa de preforma.
- 15 **[0022]** Así, un "perfil de índice de refracción longitudinal" se ha de entender como una representación gráfica del índice de refracción de una capa de preforma como una función de la posición longitudinal en la preforma primaria.
- [0023]** Un "perfil geométrico longitudinal" se ha de entender como una representación gráfica del espesor de una capa de preforma como una función de la posición longitudinal en la preforma primaria.
- 20 **[0024]** Uno de los factores que inciden negativamente en la longitud útil de una preforma primaria, es el llamado "estrechamiento". El término "estrechamiento" debe entenderse como una desviación de las propiedades ópticas y/o geométricas de la preforma primaria en las regiones próximas a los extremos de la misma. Se hace una distinción entre estrechamiento óptico y estrechamiento geométrico.
- [0025]** El estrechamiento óptico se refiere a desviaciones de índice de refracción, mientras que estrechamiento geométrico se refiere a desviaciones del espesor de capa de la capa de preforma.
- 25 **[0026]** Si una preforma primaria se construye con varias capas de preforma, el estrechamiento óptico y geométrico de las capas pueden ser diferentes entre sí.
- [0027]** Es un objeto de la presente invención proporcionar un procedimiento y un dispositivo para la fabricación de una preforma primaria en el que el estrechamiento óptico puede ser influenciado prácticamente de manera independiente del papel geométrico.
- 30 **[0028]** Otro objeto de la presente invención es proporcionar un procedimiento y un dispositivo para la fabricación de una preforma primaria en la que se reducen, al mínimo, las desviaciones del perfil de índice de refracción longitudinal respecto de un perfil de índice de refracción deseado.
- [0029]** Aún, otro objeto de la presente invención es proporcionar un procedimiento y un dispositivo para la fabricación de una preforma primaria en la que el índice de refracción de una capa de preforma puede ser influenciado a lo largo de la longitud de una preforma primaria durante el proceso de deposición.
- 35 **[0030]** La presente invención, como se describió en la introducción, se caracteriza porque el horno comprende, al menos, dos zonas de temperatura, donde una temperatura o un gradiente de temperatura de una zona de temperatura pueden ajustarse de forma independiente respecto de una temperatura o un gradiente de temperatura de otra(s) zona(s), debiendo entenderse en relación una "zona de temperatura" como una zona en la dirección longitudinal del tubo de sustrato de vidrio hueco. La presente invención se refiere en particular así a zonas de temperatura que se extienden a lo largo de la longitud del tubo de sustrato. Se entenderá que, vista en dirección radial, también puede haber gradientes de temperatura, pero tales gradientes no deben confundirse con las presentes zonas de temperatura.
- 40 **[0031]** Los presentes inventores han encontrado que la temperatura del tubo de sustrato durante el proceso de deposición en fase de vapor interna, tiene una influencia sobre el índice de refracción. Por temperatura del tubo de sustrato de vidrio hueco se entiende la temperatura del tubo de sustrato de vidrio hueco, incluyendo las capas de vidrio ya depositadas y/o capas de preforma. La temperatura del tubo de sustrato corresponde a la temperatura o el gradiente de temperatura de la zona de temperatura en la está colocada la respectiva porción del tubo de sustrato de vidrio hueco. Los presentes inventores han encontrado, sorprendentemente, que la temperatura del tubo de sustrato durante el proceso de deposición es de importancia para la eficiencia con la que se incorporan dopantes en el vidrio depositado. Cabe señalar que de acuerdo con la presente invención la zona de reacción, que se mueve en vaivén a lo largo de la longitud del tubo de sustrato, debe ser considerada como una parte separada del horno, cuyo horno rodea el tubo de sustrato en posición estacionaria. En el marco de la presente invención, el horno no debe ser confundido con la zona de reacción que se requiere para la deposición.
- 50

- 5 [0032] Más particularmente, pero sin querer estar atados a esta teoría, los presentes inventores suponen que una temperatura más alta del tubo de sustrato de vidrio hueco durante el proceso de deposición, produce evaporación de uno o varios agentes de dopado, en particular, óxido de germanio, o que la eficiencia con la que uno o más agentes de dopado, a saber, germanio, en forma de óxido de germanio, se incorporan en las disminuciones de vidrio, como resultado de una temperatura alta. Además, debe tenerse en cuenta que la zona de reacción que puede desplazarse en vaivén a lo largo de la longitud del tubo de sustrato, es de vital importancia para efectuar la deposición de vidrio en la superficie interior del tubo de sustrato hueco.
- 10 [0033] Se ha encontrado que proporcionando por tanto el horno con zonas de temperatura de acuerdo con la presente invención, es posible crear un perfil de temperatura a lo largo de la longitud del tubo de sustrato, más particularmente de la longitud de deposición, de tal manera que la temperatura del tubo de sustrato de vidrio tubo se ajusta a valores mutuamente diferentes a lo largo de la longitud de deposición del mismo. Como "longitud de deposición" debe entenderse la distancia entre un punto de retorno situado próximo al lateral de suministro y un punto de retorno situado cerca del lateral de descarga del tubo de sustrato hueco. Por consiguiente, la longitud de deposición corresponde a la porción de la longitud del tubo de sustrato de vidrio hueco donde son depositadas las capas de vidrio.
- 15 [0034] El anteriormente mencionado perfil de temperatura hace que sea posible influir sobre el índice de refracción a lo largo de la longitud del tubo de sustrato, y por lo tanto es posible reducir las desviaciones del índice de refracción del vidrio depositado respecto de un valor deseado a lo largo de la longitud del tubo de sustrato.
- 20 [0035] Así pues, los presentes inventores han encontrado que es posible, utilizando este procedimiento, aumentar la longitud útil de la preforma primaria en comparación con la longitud útil de una preforma primaria que ha sido fabricada utilizando un horno de temperatura esencialmente constante.
- [0036] Los presentes inventores también han encontrado que el estrechamiento óptico puede reducirse sin que ello tenga un efecto significativo sobre el estrechamiento geométrico.
- 25 [0037] Por lo tanto, uno o más de los objetos anteriores se consiguen mediante el procedimiento según la presente invención.
- [0038] En otra forma de realización preferida, el proceso de deposición en fase de vapor interna, es un proceso PCVD, en el que la zona de reacción es un plasma que preferiblemente se desplaza en vaivén a lo largo de la longitud de la longitud de deposición del tubo de sustrato hueco durante la etapa v) a una velocidad que oscila entre 10 y 40 m/min, preferiblemente entre 15 y 25 m/min.
- 30 [0039] En una realización preferida, los gases de formación de vidrio utilizados en la etapa iii) comprenden uno o más agentes de dopado, preferiblemente germanio. Dichos agentes de dopado influyen en el índice de refracción del vidrio depositado. El índice de refracción del vidrio depositado puede ser influenciado utilizando agentes de dopado. Ejemplos de dopantes que aumentan el índice de refracción son germanio, fósforo, titanio y aluminio, o los óxidos de los mismos. Ejemplos de agentes de dopado que disminuyen el índice de refracción son el boro o el óxido del mismo y flúor. Preferiblemente, el germanio se utiliza como dopante para aumento de índice de refracción, mientras que el flúor se utiliza como un dopante reductor de índice de refracción. En una forma de realización especial se utiliza como dopante una combinación de germanio y flúor.
- 35 [0040] En otra forma de realización especial del procedimiento de acuerdo con la presente invención, el horno comprende al menos tres zonas de temperatura, cada una de cuyas zonas de temperatura rodea del 5 al 20% de la longitud de deposición en las proximidades del lateral de suministro y del lateral de descarga del tubo de sustrato. En la realización en la que la longitud de la deposición es de 1200 mm, la longitud de las zonas de temperatura próximas al lateral de suministro y al lateral de descarga del tubo de sustrato es por tanto de 60 a 240 mm.
- 40 [0041] Un horno que comprende tres o más zonas de temperatura hace que sea posible ajustar la temperatura del tubo de sustrato de forma independiente a lo largo de la longitud de deposición cerca del lateral de suministro y cerca del lado de descarga y la porción de longitud de deposición entre las mismas. Por lo tanto, el estrechamiento óptico en la proximidad del lateral de suministro y del estrechamiento óptico cerca del lateral de descarga, pueden influirse independientemente entre sí.
- 45 [0042] En otra forma de realización especial, el horno comprende, al menos, cuatro zonas de temperatura, donde una temperatura o un gradiente de temperatura de una zona, puede ajustarse de forma independiente de una temperatura o un gradiente de temperatura de otra(s) zona(s). En una forma de realización tal, es posible no sólo para influir en la temperatura del tubo de sustrato a lo largo de la longitud de deposición del mismo en las proximidades del lateral de suministros y del lateral de descarga del tubo de sustrato, sino también dividir la temperatura en la región entre ellas en, al menos, dos zonas de temperatura y ajustar la temperatura en dichas zonas de temperatura independientemente de otra zona de temperatura.
- 50 [0043] En una forma de realización especial del procedimiento de acuerdo con la invención, la diferencia máxima de temperatura entre una zona de temperatura y otra zona de temperatura es mayor de 50° C.
- 55

- 5 **[0044]** En aún otra forma de realización especial del procedimiento de acuerdo con la presente invención, se forman varias capas de preforma en la etapa v) y la temperatura o el gradiente de temperatura en las zonas de temperatura durante la formación de una capa de preforma, se puede ajustar independientemente de la temperatura o el gradiente de temperatura en las zonas de temperatura durante la formación de las restantes una o más capas de preforma.
- [0045]** Esta forma de realización hace posible ajustar un perfil de temperatura óptimo a lo largo de la longitud de la deposición del tubo de sustrato de vidrio hueco para cada capa de preforma en situaciones donde se utilizan capas de preforma con mutuamente diferentes niveles de dopante.
- 10 **[0046]** La presente invención se refiere adicionalmente a un dispositivo para fabricar una preforma primaria para fibras ópticas, utilizando un proceso de deposición en fase de vapor interna sobre un tubo de sustrato de vidrio hueco que tiene un lateral de suministro y un lateral de descarga, cuyo dispositivo comprende
- 15 i) una entrada y una salida de gas, entre las que puede montarse el tubo de sustrato de vidrio hueco,  
 ii) un horno que rodea el tubo de sustrato de vidrio hueco, al menos, a lo largo de una longitud de deposición del mismo,  
 15 iii) medios para crear una zona de reacción en el interior del tubo de sustrato de vidrio hueco, cuyos medios están presentes en el horno durante el proceso de deposición y que pueden desplazarse en vaivén entre el punto de retorno situado próximo al lateral de suministro y el punto de retorno situado en la proximidad del lateral de descarga del tubo de sustrato de vidrio hueco, caracterizado porque
- 20 el horno comprende, al menos, dos zonas de temperatura, donde una temperatura o un gradiente de temperatura de una zona de temperatura, puede ajustarse de forma independiente de una temperatura o un gradiente de temperatura en la(s) otra(s) zona(s).
- [0047]** En una realización preferida, los medios para crear una zona de reacción comprenden un resonador que es capaz de acoplar microondas en el interior del tubo de sustrato de vidrio hueco a fin de crear una zona de reacción en forma de un plasma.
- 25 **[0048]** En aún otra realización preferida, el horno comprende tres o más zonas de temperatura, cada una de cuyas zonas de temperatura rodea del 5 al 20% de la longitud de deposición en las proximidades del lateral de suministro y del lateral de descarga del tubo de sustrato.
- [0049]** La presente invención se explicará ahora en más detalle por medio de un ejemplo con referencia a varias figuras, en relación a las cuales debe señalarse, sin embargo, la presente invención no está en modo alguno, limitada a las mismas.
- 30 La figura 1 es una vista esquemática de un dispositivo para llevar a cabo un proceso de deposición interna.
- La figura 2 es una vista en perspectiva esquemática de un dispositivo para llevar a cabo un proceso de deposición interna de acuerdo con la presente invención.
- La figura 3 es una representación de un perfil de índice de refracción longitudinal de una preforma primaria.
- 35 La figura 4 es una representación de un perfil de temperatura en un horno.
- La figura 5 es una representación de un perfil de índice de refracción longitudinal corregido.
- [0050]** En la figura 1 se muestra esquemáticamente un dispositivo 100 para llevar a cabo un proceso de deposición interna en fase de vapor para la fabricación de una preforma primaria para fibras ópticas. El dispositivo 100 comprende un horno 1, el cual rodea, al menos, la longitud de deposición 5 de un tubo de sustrato de vidrio hueco 2.
- 40 **[0051]** La longitud de deposición 5 corresponde a la porción de la longitud del tubo de sustrato de vidrio hueco 2, en la que se depositan capas de vidrio. En otras palabras, la longitud de deposición 5 corresponde a la distancia entre el punto de retorno 11 situado cerca del lateral de suministro y el punto de retorno 12 situado cerca del lateral de descarga del tubo de sustrato hueco. Como punto de retorno se entiende una posición en la dirección longitudinal del tubo de sustrato de vidrio hueco 2, en el cual el sentido del desplazamiento de la zona de reacción 6 se invierte al sentido opuesto. El horno 1 rodea la longitud de deposición 5 durante el proceso de deposición, a saber, al menos durante la etapa v). Después de la terminación del proceso de deposición, el tubo de sustrato 2 se retira del horno 1 y es procesado adicionalmente.
- 45 **[0052]** 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, pueden colocarse entre una entrada de gas y una salida de gas, respectivas (no mostradas). El lateral de suministro 3 y el lateral de descarga 4 y pueden ser sujetados en el mismo a través de un pasaje cilíndrico provisto de una junta tórica, de manera que el volumen interno del tubo de sustrato de vidrio
- 50

huevo 2 está aislado de la atmósfera exterior. Tal construcción hace que sea posible llevar a cabo el proceso de deposición a una presión reducida cuando una bomba (no mostrada) se conecta a la salida de gas.

[0053] El anteriormente mencionado pasaje cilíndrico también se puede utilizar en una forma de realización giratoria, de manera que el tubo de sustrato se puede girar continuamente o por pasos durante el proceso de deposición.

5 [0054] Durante el proceso de deposición en fase de vapor una zona de reacción 6 se desplaza en vaivén a lo largo de la longitud del tubo de sustrato de vidrio hueco 2 entre un punto de retorno 11 situado cerca del lateral de suministro 3 y un punto de retorno 12 situado cerca del lateral de descarga 4, cuya longitud es también referida como la longitud de deposición 5, del interior del tubo de sustrato de vidrio hueco 2 para formar capas de vidrio. La anchura 7 de la zona de reacción 6 es menor que la longitud de deposición 5. La presente invención es en particular  
10 adecuada para su utilización en un proceso de deposición de tipo PCVD, en el que la zona de reacción es un plasma a baja presión. El término "baja presión" se entiende que significa que el plasma se crea en el tubo de sustrato a una presión de aproximadamente 1 a 20 mbar.

15 [0055] Al tiempo, gases de formación de vidrio, que pueden estar dopados o no, están siendo alimentados al lateral de suministro 3 del tubo de sustrato de vidrio hueco 2, depositándose las capas de vidrio (no mostradas) a lo largo de la longitud de deposición 5 en la superficie interior del huevo tubo de sustrato de vidrio 2.

[0056] Varias capas de vidrio depositadas utilizando una composición más o menos constante de gases de formación de vidrio alimentada al lateral de suministro 3, formando así una capa de preforma.

20 [0057] También es posible formar una capa de preforma utilizando una predeterminada variación en la composición de los gases de formación de vidrio. Tal capa de preforma es por ejemplo utilizada para la fabricación de una preforma primaria para fibras ópticas de tipo de índice de gradiente.

[0058] Después de completar el proceso de deposición, el tubo de sustrato 2 con la/s capa/capas de preforma depositada/s en el mismo se pueden consolidar en una varilla maciza por medio de un proceso de contracción, también referido como un proceso de colapsado.

25 [0059] Los medios para la creación de una zona de reacción en el interior del tubo de sustrato de vidrio hueco 2 comprenden preferentemente un resonador, tal como se conoce por ejemplo a partir de las solicitudes de patentes US publicadas bajo los números US 2007/0289532, US 2003/0159781 y US 2005/0172902 y las patentes US Nos. US 4.844.007, US 4.714.589, y US. Tales resonadores encierran el tubo de sustrato 2 y se mueven en vaivén a lo largo de la longitud de deposición durante el proceso de deposición.

30 [0060] La figura 2 es una vista en perspectiva de una forma de realización especial del dispositivo 100, en la que se muestran esquemáticamente tres zonas de temperatura 8, 9 y 10. Las zonas de temperatura 8, 9 y 10, pueden ser creadas, por ejemplo, mediante la disposición en el horno 1 de elementos de calentamiento controlables de forma individual (no mostrados) en diversas posiciones en la dirección longitudinal del tubo de sustrato. Elementos de carbono, por ejemplo, son elementos de calentamiento adecuados. No obstante, la presente invención no se limita a dichos elementos de carbono. En principio, resultan adecuados elementos de calentamiento capaces de alcanzar  
35 una temperatura máxima de aproximadamente 1400° C. La anchura de las zonas de temperatura se puede ajustar según resulte necesario y no siendo necesariamente la misma para cada zona de temperatura. Para lograr un ajuste preciso de la temperatura del tubo de sustrato en dirección longitudinal, puede resultar deseable realizar zonas de temperatura con una respectiva longitud diferente.

40 [0061] Las zonas de temperatura 8, 9, 10 pueden estar separadas mutuamente por uno o más elementos de separación (no mostrados), hechos de un material aislante, por ejemplo óxido de aluminio. La utilización de elementos de separación aislantes, hace posible mantener una temperatura constante del tubo de sustrato 2 en una determinada zona de temperatura. La ausencia de elementos de separación aislantes dará lugar a variaciones en la temperatura del tubo de sustrato 2, en particular en la proximidad de la transición(es) entre la(s) zona(s) de temperatura adyacente(s). Aunque la figura 2 muestra un horno que comprende tres zonas de temperatura 8, 9 y 10,  
45 la presente invención no está, en modo alguno, limitada a tal realización.

#### Ejemplo comparativo

[0062] Una preforma primaria tipo de índice de salto que comprende una capa de preforma se produce, utilizando un proceso de deposición química en fase de vapor asistida por plasma de la técnica anterior (PCVD), en el que la temperatura del horno 1 se mantiene a un valor esencialmente constante a lo largo de la longitud del tubo de sustrato de vidrio hueco y en el que el germanio se utiliza como un dopante de modo que se obtenga una diferencia de índice de refracción deseada de 0,335%. Tras finalizar el proceso de deposición en fase de vapor, el tubo de sustrato de vidrio hueco resultante 2 se consolida en una preforma primaria, después de lo cual se mide el perfil de índice de refracción radial en varias posiciones a lo largo de la longitud de la preforma primaria, utilizando un llamado "analyzer de preforma", por ejemplo, un "analyzer de preforma 2600", que se encuentra disponible  
50 comercialmente en Photon Kinetics. A continuación, se determina un índice de refracción longitudinal para la capa de preforma de la preforma primaria a partir de los perfiles de índice de refracción radial obtenidos. De esta manera  
55

se obtiene un perfil de índice de refracción longitudinal como se muestra en la figura 3. La diferencia de índice de refracción, Delta % ( $\Delta\%$ ), se muestra en el eje vertical, y la posición en dirección longitudinal de la preforma primaria se muestra en el eje horizontal. El valor pretendido o deseado, se representa por medio de la línea horizontal de trazos, siendo  $\Delta\%$ , 0,335%.

5 **[0063]** La figura 3 muestra claramente que el valor obtenido para  $\Delta\%$  se aparta del valor deseado a lo largo de la longitud de la preforma primaria.

**[0064]** En particular, la desviación en los extremos de la preforma primaria (correspondiente a los lados izquierdo y derecho de la figura 3) conduce a una reducción significativa de la longitud útil de la preforma primaria.

Ejemplo

10 **[0065]** A partir del perfil de índice de refracción longitudinal mostrado en la figura 3, se determina subsiguientemente un perfil de temperatura (longitudinal) para el horno 1, utilizando un modelo de ordenador, cuyo perfil de temperatura es utilizado para reducir las desviaciones del índice de refracción (expresado como  $\Delta\%$ ) respecto de un valor deseado, que en el presente ejemplo es de 0,335%.

15 **[0066]** El perfil de temperatura así determinado se muestra en la figura 4, en la que la temperatura del horno se muestra en el eje vertical mientras que la posición en la preforma primaria se muestra en el eje horizontal. La posición en la preforma primaria mostrada en la figura 3, corresponde a la posición del tubo de sustrato de vidrio hueco 2 de la figura 4.

20 **[0067]** Las líneas continuas verticales de la figura 4 corresponden a las seis zonas de temperatura Z1 a Z6. Por lo tanto, la zona de temperatura Z2 comienza en una posición de 160 mm y termina en una posición de 310 mm, la zona Z3 comienza en una posición de 310 mm y termina en una posición de 575 mm, etc. Hay que señalar que la presente invención no está limitada a una realización que comprenda seis zonas de temperatura.

**[0068]** Se observa, además, que las zonas de temperatura no están separadas por divisiones aislantes, de manera que entre las zonas de temperatura adyacentes se produce una transición de temperatura más o menos suave.

25 **[0069]** A partir de la figura 3, puede derivarse, por ejemplo, que la diferencia de índice de refracción es menor que el valor deseado (0,335%) en la mayor parte de la zona de temperatura Z3, mientras que, por otra parte, en la mayor parte de la zona de temperatura Z4, la diferencia del índice de refracción es mayor que el valor deseado. A partir de estos resultados, es deseable que la temperatura en las respectivas zonas de temperatura Z3 y Z4 sea ajustada de modo que se reduzca la anterior desviación.

30 **[0070]** Así, es posible, a partir del perfil de temperatura mostrado en la figura 4, la fabricación de una preforma que tenga un perfil de índice de refracción longitudinal correspondiente al perfil de índice de refracción longitudinal mostrado en la figura 5. La diferencia de índice de refracción,  $\Delta\%$ , se muestra en el eje vertical de la figura 5 mientras que la posición en la dirección longitudinal de la preforma primaria es mostrada en el eje horizontal.

35 **[0071]** Es bastante evidente que, en comparación con las desviaciones mostrada en la figura 3, las desviaciones de la  $\Delta\%$  se reducen significativamente en relación con el valor de ajuste de 0,335% a lo largo de sustancialmente toda la longitud de la preforma primaria.

**[0072]** En particular, la figura 5 muestra que la desviación de la diferencia de índice de refracción en los extremos de la preforma primaria se ha reducido significativamente. Los procedimientos y el dispositivo de acuerdo con la presente invención por lo tanto hacen posible aumentar la longitud útil de una preforma primaria.

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para fabricar una preforma primaria para fibras ópticas utilizando un proceso de deposición interna en fase de vapor, que comprende las etapas de:
- 5 i) proporcionar un tubo de sustrato de vidrio hueco (2) que tiene un lateral de suministro (3) y un lateral de descarga (4),
- ii) rodear, al menos, una parte del tubo de sustrato de vidrio hueco (2) mediante un horno (1),
- iii) suministrar gases de formación de vidrio en el interior del tubo de sustrato de vidrio hueco (2) a través de su lateral de suministro (3),
- 10 iv) crear una zona de reacción con condiciones tales que la deposición de vidrio tenga lugar sobre la superficie interna del tubo de sustrato de vidrio hueco (2), y
- v) desplazar la zona de reacción en un movimiento de vaivén a lo largo de la longitud del tubo de sustrato de vidrio hueco (2) entre un punto de retorno situado próximo al lateral de suministro (3) y un punto de retorno situado próximo al lateral de descarga (4) del tubo de sustrato de vidrio hueco (2) a fin de formar una o más capas de preforma sobre la superficie interior del tubo de sustrato de vidrio hueco (2), ambos de cuyos puntos de retorno se encuentra rodeados por el horno (1),
- 15 caracterizado porque el horno (1) comprende, al menos, dos zonas de temperatura (8, 9, 10), en el que una temperatura o un gradiente de temperatura de una zona de temperatura puede ajustarse de forma independiente de una temperatura o un gradiente de temperatura de otra(s) zona(s), donde una "zona de temperatura" debe entenderse como una zona en la dirección longitudinal del tubo de sustrato de vidrio hueco (2).
- 20 2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la zona de reacción utilizada en la etapa iv) es un plasma
3. Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado porque en la etapa v) la zona de reacción se desplaza en vaivén a una velocidad que oscila entre 10 y 40 m/min, preferiblemente entre 15 y 25 m/min, a lo largo de la longitud de deposición del tubo de sustrato de vidrio hueco (2), cuya longitud de deposición debe considerarse como la distancia entre el punto de retorno situado próximo al lateral de suministro (3) y el punto de retorno situado próximo al lateral de descarga (4) del tubo de sustrato de vidrio hueco (2).
- 25 4. Procedimiento de acuerdo con una o más de las reivindicaciones precedentes 1 a 3, caracterizado porque los gases de formación de vidrio utilizados en la etapa iii) comprenden uno o varios agentes de dopado.
- 30 5. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizado porque como dopante se utiliza el germanio.
6. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes 1 a 5, caracterizado porque el horno (1) comprende, al menos, tres, preferiblemente, al menos, cuatro, zonas de temperatura, cada una de cuyas zonas de temperatura rodean del 5 al 20% de la longitud de deposición próximas al lateral de suministro (3) y al lateral de descarga (4) del tubo de sustrato de vidrio hueco (2).
- 35 7. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones precedentes 1 a 6, caracterizado porque la diferencia máxima de temperatura entre una y otra zonas de temperatura es mayor que 50° C.
- 40 8. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones anteriores 1 a 7, en el que varias capas de preforma se forman en la etapa v) y la temperatura o el gradiente de temperatura en las zonas de temperatura durante la formación de una capa de preforma, puede ajustarse independientemente de la temperatura o el gradiente de temperatura en las zonas de temperatura durante la formación de una o más de las restantes capas de preforma.
- 45 9. Dispositivo (100) para fabricar una preforma primaria para fibras ópticas, utilizando un proceso de deposición interna en fase de vapor en un tubo de sustrato de vidrio hueco (2) que tiene un lateral de suministro (3) y un lateral de descarga (4), cuyo dispositivo (100) comprende
- 50 i) una entrada y una salida de gas, entre las que puede montarse el tubo de sustrato de vidrio hueco (2),
- ii) un horno (1) que rodea el tubo de sustrato de vidrio hueco (2), al menos, a lo largo de una longitud de deposición (6) del mismo, cuya longitud de deposición (5) debe entenderse como la distancia entre un punto de retorno (11) situado próximo del lateral de suministro (3) y un punto de retorno (12) situado próximo al lado de descarga (4) del tubo de sustrato de vidrio hueco (2),
- 55 iii) medios para crear una zona de reacción (6) en el interior del tubo de sustrato de vidrio hueco (2), cuyos medios están dispuestos en el horno (1) durante el proceso de deposición y pueden desplazarse en vaivén entre el punto de retorno (11) situado próximo al lateral de suministro (3) y el punto de retorno (12) situado en la proximidad del lateral de descarga (4) del tubo de sustrato de vidrio hueco (2),
- 60 caracterizado porque el horno (1) comprende, al menos, dos zonas de temperatura (8,9,10), donde una temperatura o un gradiente de temperatura, puede ajustarse en una zona de temperatura de forma

independiente de una temperatura o un gradiente de temperatura en la(s) otra(s) zona(s), y donde como "zona de temperatura" debe entenderse una zona en la dirección longitudinal del tubo de sustrato de vidrio hueco (2).

- 5
10. Dispositivo según la reivindicación 9, donde los medios para crear una zona de reacción (6) comprenden un resonador que es capaz acoplar microondas en el interior del tubo sustrato de vidrio hueco (2) a fin de crear una zona de reacción (6) en forma de un plasma.
- 10
11. Dispositivo de acuerdo con una o ambas de las reivindicaciones 9 y 10, en el que el horno (1) comprende tres o más zonas de temperatura (8, 9, 10), cuyas zonas de temperatura (8, 9, 10) rodean respectivamente del 5 al 20% de la longitud de deposición (5) próximas al lateral de suministro (3) y al lado de descarga (4) del tubo de sustrato de vidrio hueco (2).
- 15
12. Utilización de un horno que comprende, al menos, dos zonas de temperatura (8, 9, 10), en el que una temperatura o gradiente de temperatura, puede ajustarse independientemente de una temperatura o un gradiente de temperatura en otra(s) zona(s), durante un proceso de deposición química en fase de vapor para fabricar una preforma, con el propósito de influir en el índice de refracción, visto en la dirección longitudinal de la preforma, de una capa de vidrio obtenida por dichos medios de dicho proceso de deposición.
- 20
13. Utilización de acuerdo con la reivindicación 12, en la que el proceso de deposición interna es un proceso PCVD (deposición química en fase de vapor asistida por plasma).

FIGURA 1

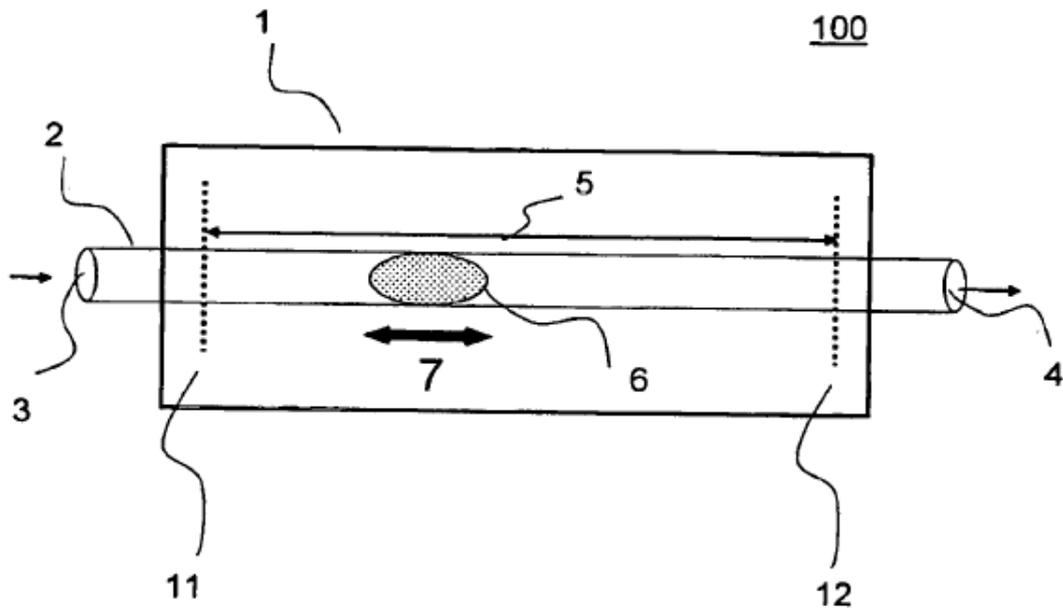


FIGURA 2

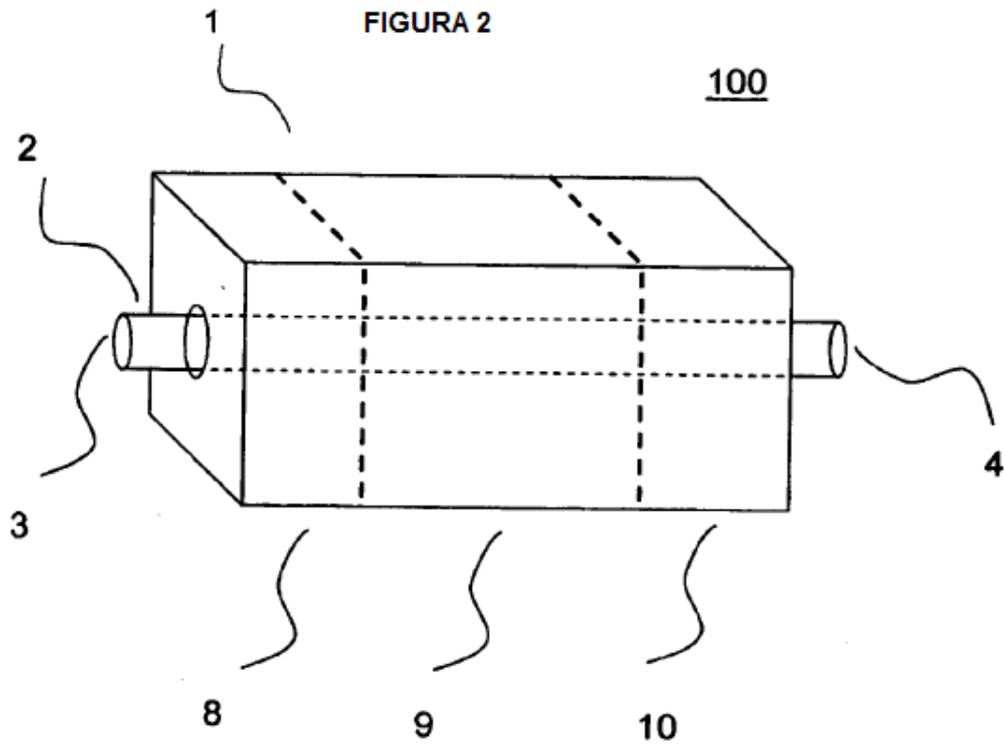


FIGURA 3

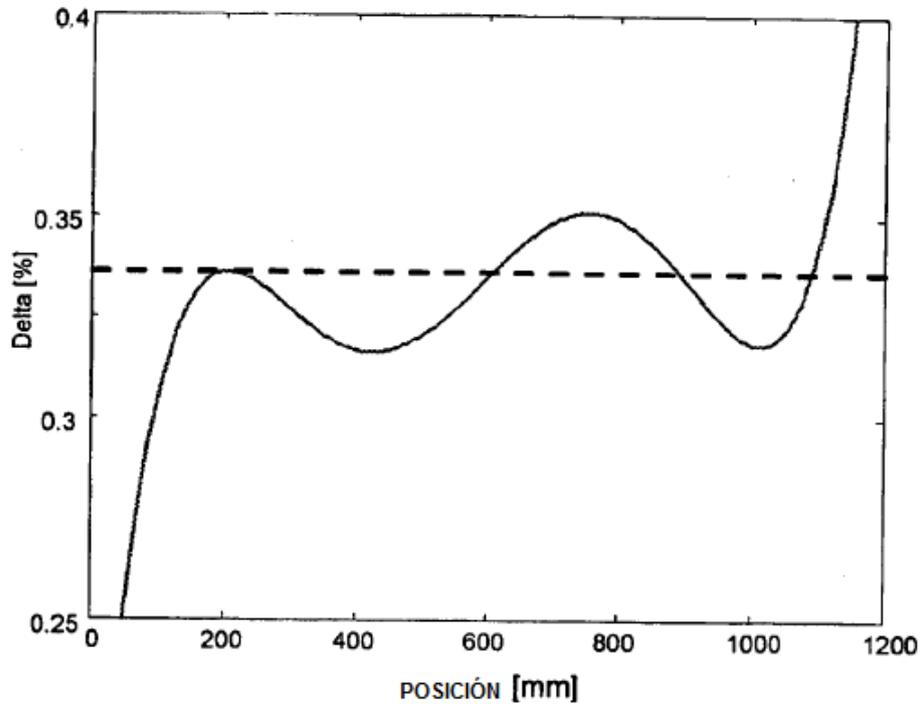


FIGURA 4

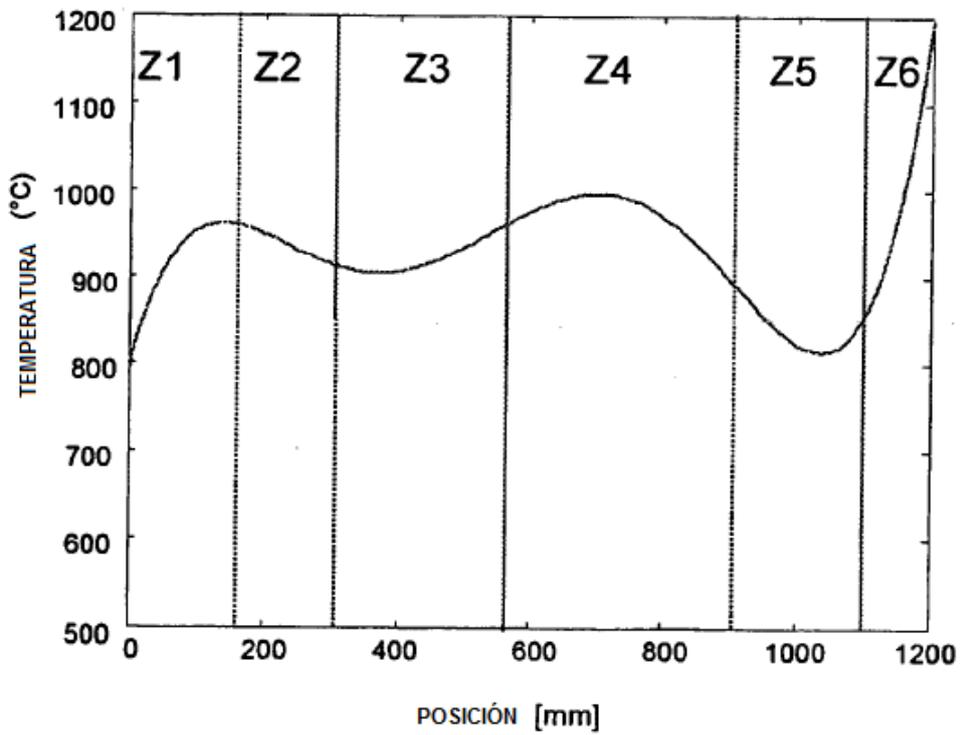
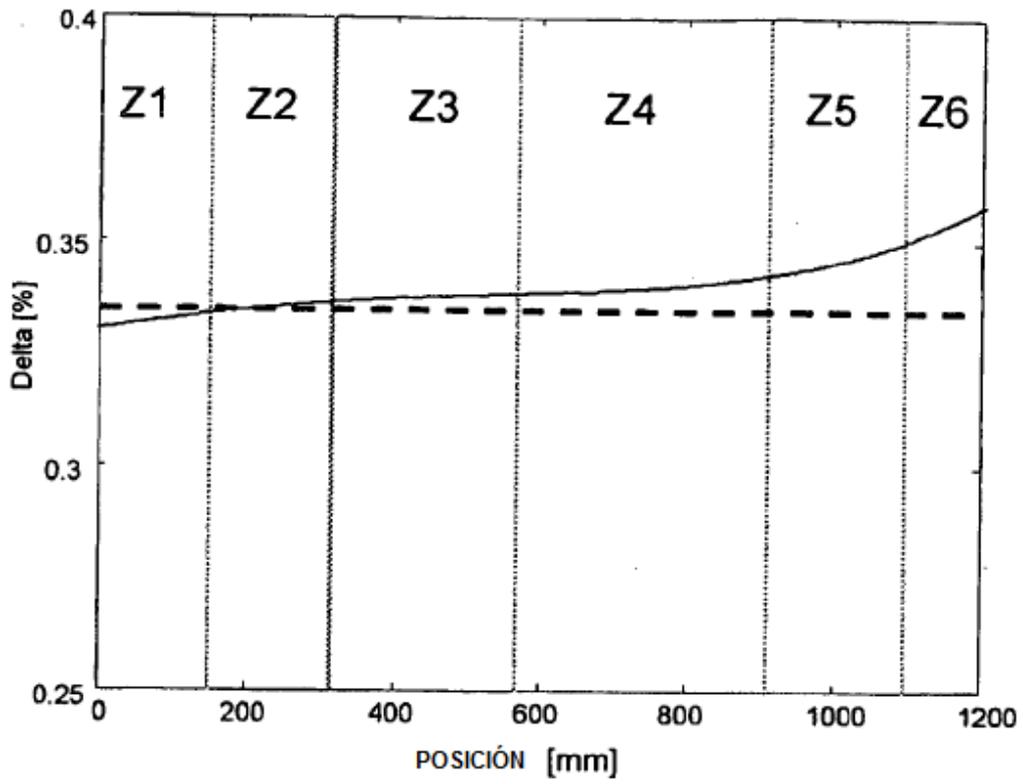


FIGURA 5



**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 4741747 A [0002]
- US 20070289532 A [0059]
- US 20030017262 A [0003]
- US 20030159781 A [0059]
- US 4608070 A [0004]
- US 20050172902 A [0059]
- DE 320617 [0005]
- US 4844007 A [0059]
- DE 3619379 [0006]
- US 4714589 A [0059]
- US 4331462 A [0007]
- US 4877938 A [0059]