

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 681 793**

51 Int. Cl.:

C03B 37/014 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.12.2012 PCT/EP2012/077036**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.07.2014 WO14101948**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.12.2012 E 12815713 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.05.2018 EP 2938581**

54 Título: **Procedimiento de fabricación de preformas para fibras ópticas con bajo pico de agua**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
17.09.2018

73 Titular/es:
PRYSMIAN S.P.A. (100.0%)
Via Chiese, 6
20126 Milano, IT

72 Inventor/es:
ADIGRAT, ANTONIO;
CARONNA, VALERIA;
COCCHINI, FRANCO;
COLLARO, ANTONIO;
GRIECO, STEFANO y
NIVELLI, IDA

74 Agente/Representante:
CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 681 793 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 de fabricación de preformas para fibras ópticas con bajo pico de agua

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un procedimiento de fabricación de preformas de fibra óptica y en particular un procedimiento de fabricación de una proforma para fibras de transmisión óptica que tengan un bajo pico de agua.

Antecedentes técnicos

10 La tecnología de multiplexado por división de longitud de onda (WDM) y la más reciente tecnología de multiplexado denso por división de longitud de onda (DWDM) han impulsado la fabricación de fibras de transmisión óptica para producir fibras que tengan una muy pequeña atenuación óptica a través de una región de longitud de onda amplia del espectro de transmisión. Un problema particular que se ha controlado en la última década es la atenuación debida a la absorción por la fibra óptica, durante su fabricación, de radicales hidroxilo (-OH) y/o moléculas de H₂O presentes en la región ópticamente activa de la fibra. Los grupos -OH y el agua pueden formarse durante la fabricación de preformas de fibra óptica cuando estas últimas se exponen al hidrógeno, que puede estar disponible desde varias fuentes. La contaminación de los radicales hidroxilo o el agua provoca una atenuación lineal a 1380 nm, visible en el espectro de atenuación como un pico generalmente denominado como el "pico de agua".

15 Un procedimiento común para obtener una preforma de vidrio a ser estirada para reducirla a una fibra óptica de diámetro típico de aproximadamente 125 µm comprende un primer procedimiento para producir una barra del núcleo de vidrio sólido, también conocida como varilla del núcleo, y un segundo procedimiento en el que se añade un revestimiento a la barra del núcleo mediante un procedimiento adecuado, por ejemplo mediante la deposición de hollín alrededor de la barra del núcleo o mediante el encamisado de la barra del núcleo en un tubo de vidrio (tecnología varilla en tubo – RIT).

20 El documento WO 01/47822 se refiere a un procedimiento de fabricación de un cuerpo de vidrio cilíndrico para su uso en la fabricación de una fibra óptica con bajo pico de agua, comprendiendo el procedimiento las etapas de: formar un cuerpo precursor de vidrio consolidado para su uso en la fabricación de la preforma de fibra óptica, comprendiendo dicho cuerpo precursor al menos una región del núcleo parcial de dicha preforma; exponer dicho cuerpo precursor de vidrio a gas deuterio, y la formación de un revestimiento adicional sobre dicho cuerpo precursor para formar una preforma de fibra óptica. El cuerpo precursor es una varilla de núcleo de vidrio que comprende una región del núcleo y al menos una parte de la región de revestimiento de vidrio. Previamente a que se añada el hollín de revestimiento adicional a la varilla del núcleo, la varilla del núcleo se suspende dentro de un horno y se trata con deuterio durante un tiempo y temperatura que es suficiente para impedir el rehumedecimiento de la varilla del núcleo de vidrio consolidado.

30 El cuerpo precursor de hollín, especialmente cuando se fabrica mediante deposición externa en fase de vapor (OVD), deposición axial en fase de vapor (VAD), tiene típicamente una región del núcleo rodeada por una región de revestimiento próximo, también indicada como la región de revestimiento interno, fabricada frecuentemente de sílice pura. Opcionalmente, la región de revestimiento interior comprende una o más capas de sílice dopada. El cuerpo precursor resultante se seca y consolida a continuación para formar un cuerpo de vidrio del núcleo. Se sigue frecuentemente un estirado de consolidación para reducir el diámetro del cuerpo de vidrio que entonces se corta en una pluralidad de barras del núcleo. Alternativamente las barras del núcleo puede fabricarse también mediante procedimientos de deposición interna tales como deposición química modificada o en horno en fase de vapor (MCVD/FCVD), o deposición químico en fase de vapor activada por plasma (PCDV).

35 El cuerpo precursor de hollín, especialmente cuando se fabrica mediante deposición externa en fase de vapor (OVD), deposición axial en fase de vapor (VAD), tiene típicamente una región del núcleo rodeada por una región de revestimiento próximo, también indicada como la región de revestimiento interno, fabricada frecuentemente de sílice pura. Opcionalmente, la región de revestimiento interior comprende una o más capas de sílice dopada. El cuerpo precursor resultante se seca y consolida a continuación para formar un cuerpo de vidrio del núcleo. Se sigue frecuentemente un estirado de consolidación para reducir el diámetro del cuerpo de vidrio que entonces se corta en una pluralidad de barras del núcleo. Alternativamente las barras del núcleo puede fabricarse también mediante procedimientos de deposición interna tales como deposición química modificada o en horno en fase de vapor (MCVD/FCVD), o deposición químico en fase de vapor activada por plasma (PCDV).

40 Un parámetro que se usa frecuentemente como indicativo del coste y rendimiento de la fibra óptica producida es la relación de núcleo a revestimiento de la barra del núcleo de vidrio, a/b , en la que a es el radio de la región del núcleo de la barra del núcleo y b es el radio externo de la región de revestimiento interior que rodea la región del núcleo. Cuanto mayor sea el valor de a/b , mayor será el rendimiento del procedimiento de fabricación dado que pueden obtenerse más barras de núcleo a partir de una única preforma de hollín. El documento US2011/0023551 divulga un procedimiento de fabricación de secciones de barra de núcleo utilizables para la producción de preformas de fibra óptica acabadas. El procedimiento se dice que permite un incremento de la relación de revestimiento a núcleo, indicada con D/d . El procedimiento divulgado comprende insertar dos o más piezas del cuerpo del núcleo axialmente de extremo a extremo dentro del cilindro de vidrio, definiendo de ese modo juntas entre piezas del cuerpo del núcleo insertadas adyacentes; montar el cilindro de vidrio con piezas del cuerpo de núcleo contenido en una región de un horno; calentar el cilindro de vidrio y las piezas del cuerpo del núcleo juntas en el horno, alargando de ese modo el cilindro y las piezas del cuerpo del núcleo contenidas en el cilindro; colapsar el cilindro alargado de modo que forme una barra de núcleo acabada; y cortar la barra del núcleo acabada en una o más posiciones a lo largo de la longitud de la barra del núcleo que coinciden con las uniones entre piezas del cuerpo del núcleo adyacentes, conduciendo de ese modo a un número de secciones de barra de núcleo de las que una o más son utilizables para la producción de preformas de fibra óptica. Las piezas de cuerpo del núcleo tienen una D/d de cuatro o menor, mientras que la barra del núcleo acabada se forma con una relación D/d de más de cinco. El documento WO 2012/010212 describe una fibra óptica resistente a la flexión que tiene una región del núcleo y una región de revestimiento que rodea la región

del núcleo y que comprende una capa anular conteniendo vacío dopada con flúor, el dopado con flúor puede realizarse durante el procedimiento de consolidación que sigue a una deposición con hollín de una capa de sílice sobre la materia del núcleo de una preforma.

Sumario de la invención

5 Aunque se prefiere a veces el procedimiento RIT debido a que es menos proclive a la introducción de contaminación por hidrógeno en la interfaz entre la barra del núcleo y el revestimiento, un revestimiento directo mediante la deposición de hollín puede reducir significativamente costes de fabricación cuando se compara con un procedimiento RIT.

10 Los presentes inventores han dado cuenta de que la fibra óptica con bajo pico de agua puede obtenerse a partir de una barra del núcleo con una relación grande de núcleo a revestimiento llevando a cabo un procedimiento de revestimiento intermedio, en el que se forma una preforma intermedia de vidrio que tenga una segunda relación de núcleo a revestimiento más pequeña que la primera relación de núcleo a revestimiento, y a continuación completar el revestimiento para formar una preforma de fibra óptica. La barra del núcleo tiene una primera relación de núcleo a revestimiento igual a o mayor que 0,34, en algunas realizaciones preferidas igual o mayor que 0,38. La primera relación de núcleo a revestimiento es igual a o más pequeña que 0,40.

15 La preforma intermedia de vidrio tiene una segunda relación de núcleo a revestimiento de desde 0,20 a 0,25. De acuerdo con la presente invención, se define un procedimiento de fabricación de una preforma de fibra óptica mediante la reivindicación 1. En algunas realizaciones preferidas, a/b es desde 0,38 a 0,40. Preferentemente, la formación de una preforma intermedia de vidrio comprende:

- 20 - depositar material de hollín alrededor de la barra de núcleo de vidrio mediante un procedimiento de hidrólisis de llama para formar una capa de revestimiento intermedio de hollín, y
- calentar para consolidar la capa de revestimiento intermedio de hollín depositada para formar una preforma intermedia de vidrio.

25 Preferentemente, el material de hollín que forma una capa de revestimiento intermedio de hollín es hollín de sílice. Preferentemente, el hollín de sílice formará una región intermedia de revestimiento de sílice pura.

Preferentemente, el procedimiento de deposición por hidrólisis de llama es un procedimiento de deposición externo en fase de vapor.

Preferentemente, la región de revestimiento interior de la barra del núcleo de vidrio es de sílice pura.

En algunas realizaciones preferidas, el revestimiento de la preforma intermedia de vidrio comprende:

- 30 - depositar material de hollín alrededor de la preforma intermedia de vidrio mediante un procedimiento de hidrólisis de llama para formar una capa de hollín revestida, y
- calentar para consolidar la capa de hollín revestida de modo que forme una preforma de fibra óptica.

Preferentemente, el procedimiento de deposición de hidrólisis de llama para la deposición de la capa de hollín revestida es un procedimiento de deposición externo en fase de vapor.

35 Preferentemente, el calentamiento para consolidar la preforma intermedia parcialmente porosa comprende exponer la preforma intermedia parcialmente porosa a una zona caliente de consolidación de un cuerpo de horno mientras se gira la preforma intermedia alrededor de su eje longitudinal.

40 Preferentemente, el calentamiento para consolidar la preforma de fibra óptica parcialmente porosa comprende exponer la preforma de fibra óptica parcialmente porosa a una zona caliente de consolidación de un cuerpo de horno mientras se gira la preforma intermedia alrededor de su eje longitudinal.

La presente divulgación se refiere también a un procedimiento de fabricación de una fibra óptica, comprendiendo el procedimiento:

- proporcionar una barra de núcleo de vidrio que comprende una región del núcleo central de radio a y una región de revestimiento interior de radio externo b para definir una primera relación de núcleo a revestimiento a/b;
- 45 - formar una preforma intermedia de vidrio que comprende una región de revestimiento intermedio que rodea la región de revestimiento interior de la barra de vidrio y que tiene un radio exterior c para definir una segunda relación de núcleo a revestimiento a/c;
- revestir la preforma intermedia de vidrio mediante la formación de una región revestida que rodea la región de revestimiento intermedio para formar una preforma de fibra óptica, y
- 50 - estirar la preforma de fibra óptica para fabricar una fibra óptica,

en el que la primera relación de núcleo a revestimiento a/b es de al menos 0,34 e igual a o menor que 0,40 y la segunda relación de núcleo a revestimiento a/c es desde 0,20 a 0,25.

Las fibras ópticas obtenidas a partir de preformas de fibra óptica realizadas mediante el procedimiento consistente con algunas realizaciones de la presente divulgación presentaron atenuaciones a 1383 nm de menos de 0,30 dB/km.

Breve descripción de los dibujos

5 La presente invención se describirá ahora con más detalle en el presente documento a continuación con referencia a los dibujos adjuntos, en los que se muestran algunas, aunque no todas las realizaciones de la invención. Los dibujos que ilustran las realizaciones son representaciones esquemáticas no a escala.

La FIG. 1 es un diagrama esquemático de una vista en sección transversal de una barra de núcleo de vidrio con una primera relación de núcleo a revestimiento a/b.

10 La FIG. 2 es un diagrama esquemático de una vista en sección transversal de preforma intermedia de vidrio con una segunda relación de núcleo a revestimiento a/c.

Las FIGS. 3A y 3B representan esquemáticamente un procedimiento de deshidratación (FIG. 3A) y de consolidación (FIG. 3B) para una preforma intermedia parcialmente porosa en un horno de deshidratación/consolidación, de acuerdo con una realización consistente con la presente divulgación.

15 La FIG. 4 es un diagrama esquemático de una vista en sección transversal de una preforma de vidrio para una fibra óptica.

Descripción detallada

La preforma de fibra óptica a ser obtenida por el procedimiento consistente con la presente divulgación se usa preferentemente para la fabricación de una fibra óptica monomodo diseñada para sistemas de transmisión óptica.

20 De acuerdo con algunas realizaciones preferidas consistentes con la presente divulgación, el método se dirige a la producción de preformas de fibra óptica para fibras ópticas monomodo que tengan un diámetro de campo modal (MFD) a 1310 nm de 8,6 a 9,5 μm con una tolerancia de fabricación de $\pm 0,6 \mu\text{m}$, cumpliendo de ese modo las especificaciones de algunas normas comunes ITU-T para transmisión óptica monomodo, tal como la G. 652. Más preferentemente, las preformas de fibra óptica son para producir fibras ópticas monomodo con MFD de $9,0 \pm 0,6 \mu\text{m}$.

25 En el procedimiento de fabricación de una preforma de fibra óptica consistente con la presente divulgación y de acuerdo con algunas realizaciones preferidas, se proporciona una barra de núcleo de vidrio sólido, en el que la barra del núcleo comprende una región de núcleo central y una región de revestimiento interior que rodea la región de núcleo. La FIG. 1 es un diagrama esquemático de una vista en sección transversal de una barra 1 de núcleo de vidrio que comprende una región 2 de núcleo central de radio a y una región 3 de revestimiento interior que la rodea de radio externo b. En una realización, la región 3 de revestimiento interior rodea y está en contacto con la región 2 del núcleo.

30 Una gran relación de núcleo a revestimiento (a/b) de la barra 1 de núcleo de vidrio ofrecería ventajas en términos de eficiencia de fabricación y rendimiento. Sin embargo, los presentes inventores han observado experimentalmente que las fibras ópticas fabricadas a partir de barras de núcleo por OVD que tienen un a/b mayor de 0,34, si se completan por un revestimiento de hollín directo mediante OVD, presentan una atenuación óptica a 1380-1383 nm de más de 0,34 dB/km, un valor que no cumple con algunas de las recomendaciones ITU-T para transmisión monomodo.

35 Los presentes inventores se han dado cuenta de que la fibra óptica con un bajo pico de agua puede obtenerse a partir de una barra del núcleo que tenga una gran primera relación núcleo a revestimiento mediante el uso de un procedimiento de revestimiento multietapa, en el que en una primera etapa se forma una preforma intermedia de vidrio que tiene una segunda relación de núcleo a revestimiento más pequeña que la primera relación de núcleo a revestimiento y una segunda etapa completa el revestimiento para formar una preforma de fibra óptica. La preforma intermedia de vidrio comprende una región de revestimiento intermedio que rodea la región de revestimiento interior de la barra de núcleo. El grosor radial de la capa de revestimiento intermedio se selecciona de modo que se obtenga una segunda relación núcleo a revestimiento, a/c, de desde 0,20 a 0,25, en la que c es el radio externo de la región de revestimiento intermedio.

40 Se ha descubierto que el revestimiento de la barra del núcleo mediante la formación de una región de revestimiento intermedio de grosor relativamente pequeño comparado con el grosor de la región de revestimiento total de la preforma de fibra óptica permite el uso de barras de núcleo con relaciones de núcleo a revestimiento relativamente grandes. Volviendo a referirnos a la Fig. 1, la barra de núcleo tiene una primera relación núcleo-revestimiento, a/b, igual a o mayor que 0,34, preferentemente mayor que 0,38. La primera relación núcleo-revestimiento es igual a o más pequeña que 0,4, en particular, a/b es desde 0,34 a 0,4.

45 La Figura 2 es un diagrama esquemático de una vista en sección transversal de una preforma 10 intermedia de vidrio que comprende una región 11 de núcleo central de radio a, una región 12 de revestimiento interior de radio externo b y una región 13 de revestimiento intermedio de radio externo c. El grosor radial de la región de

revestimiento intermedio y por ello el radio c se selecciona de modo que se obtenga una segunda relación núcleo a revestimiento a/c de desde 0,20 a 0,25.

5 Preferentemente, tanto la región de revestimiento intermedio como la región de revestimiento se forman sobre la barra del núcleo de vidrio y sobre la preforma intermedia de vidrio, respectivamente, mediante recubrimiento de hollín directo.

10 En algunas realizaciones preferidas, el material de hollín depositado para la formación de la región de revestimiento intermedio varía desde aproximadamente 5 % a menos del 15 % del material de hollín total necesario para el revestimiento de la barra de núcleo. Los inventores han descubierto que la deposición mediante hidrólisis de llama de una cantidad relativamente baja de material de hollín alrededor de la barra del núcleo seguido por la consolidación del material de hollín depositado conduce a la fabricación de una preforma de fibra óptica a partir de la que se obtiene una fibra de pico de agua bajo.

15 Sin desear quedar vinculado a ninguna teoría o explicación, se cree que una pequeña cantidad de material de revestimiento de hollín para la formación de la región de revestimiento intermedio puede permitir una eliminación eficiente de las impurezas de $-OH$ desde la superficie exterior de la barra de núcleo y/o puede reducirse el (re-)humedecimiento de capas muy externas de la barra del núcleo debido a la relativamente corta deposición.

20 Los presentes inventores han observado que una relación a/c no mayor de 0,25 puede reducir el impacto medioambiental de la producción de fibra óptica debido a que, en la formación de la preforma de óptica final, puede acortarse un procedimiento de deshidratación del hollín revestido o, bajo ciertas circunstancias, omitirse y/o puede incrementarse la eficiencia del procedimiento de deposición de la región de hollín revestida permitiendo una tasa de deposición más alta de la capa de revestimiento de hollín, por ejemplo mediante el uso de más de un quemador.

Una segunda relación núcleo a revestimiento más pequeña de 0,20 puede presentar los inconvenientes de formación de una capa de hollín excesivamente gruesa alrededor de la barra del núcleo, concretamente una presencia significativa de contaminación de agua en la proximidad de la superficie exterior de la barra del núcleo.

25 Preferentemente, la barra de núcleo de vidrio se fabrica de un material basado en sílice. Preferentemente, la región de núcleo tiene un índice de refracción relativamente positivo con respecto al índice de refracción de la sílice y se fabrica preferentemente de sílice dopada con un elemento de dopado que incrementa el índice de refracción, tal como germanio, de modo que forme un perfil de salto de índice con índice de refracción positivo con relación a la sílice pura. Ha de entenderse que la barra del núcleo de vidrio con una región de núcleo que tenga un perfil de salto, perfil de salto redondeado, perfil en alfa o que se fabrique de una pluralidad de subregiones que tengan índice de refracción relativo positivo están dirigidas a incluirse dentro del alcance de la presente divulgación. En algunas realizaciones, el perfil del núcleo puede presentar una caída central rodeada por una región de índice de refracción relativamente positivo. Preferentemente, el perfil de núcleo se selecciona de modo que se obtenga una fibra óptica con un MFD de $9,0 \pm 0,6 \mu\text{m}$.

35 La región de revestimiento interior tiene un índice de refracción menor que la región de núcleo central y se fabrica preferentemente de sílice no intencionalmente dopada, denominada en la presente descripción y reivindicaciones como sílice pura.

40 En una realización, la barra de núcleo de vidrio se obtiene a partir de una preforma de hollín formada usando un procedimiento de deposición por hidrólisis de llama, preferentemente en un procedimiento OVD, siendo sinterizada (es decir consolidada) entonces la preforma para formar una barra del núcleo de vidrio sólido. Pueden usarse otros procedimientos de hidrólisis de llama para formar la barra de núcleo, tales como deposición axial en fase de vapor (VAD).

45 En otra realización, la barra de núcleo de vidrio se obtiene a partir de un proceso de deposición interior en fase de vapor, preferentemente un proceso seleccionado dentro grupo que consiste en deposición química modificada en fase de vapor (MCVD), deposición química en horno en fase de vapor (FCVD) y deposición química mejorada en fase de vapor activada por plasma (PCVD).

En una realización preferida, la región de revestimiento intermedio se fabrica de sílice pura.

50 Preferentemente, la formación de la preforma intermedia de vidrio comprende: depositar una capa de revestimiento intermedio de hollín rodeando la barra del núcleo de vidrio para formar una preforma intermedia parcialmente porosa con una capa de hollín externa, y consolidar la preforma intermedia parcialmente porosa en una preforma intermedia de vidrio.

Preferentemente, la deposición de una capa intermedia de hollín se realiza mediante un procedimiento de hidrólisis de llama de hollín basada en sílice sobre la barra del núcleo. En una realización, la barra del núcleo se monta sobre un torno horizontal de OVD y se deposita el hollín de sílice sobre el exterior de una barra de núcleo en rotación que actúa como un mandril en el proceso de OVD estándar.

55 La consolidación de la preforma intermedia parcialmente porosa comprende exponer la preforma a temperaturas

más altas que la temperatura de transición vítrea del material de hollín en hornos de consolidación para convertir la capa de hollín externa depositada en vidrio sólido.

Algunas realizaciones preferidas, el procedimiento de consolidación es precedido por un procedimiento de deshidratación de la preforma intermedia parcialmente porosa.

5 Las Figuras 3A y 3B representan esquemáticamente dos etapas principales de un procedimiento de formación de una preforma intermedia de vidrio sólido a partir de una preforma intermedia parcialmente porosa en un conjunto de horno de deshidratación y consolidación mostrado en una vista parcial en sección transversal. El conjunto de horno comprende un horno 15 de consolidación estándar, que comprende un cuerpo de horno 16 principal, por ejemplo un tubo envolvente cilíndrico, configurado para alojar una preforma y que tiene una abertura 18 de entrada de gas para el suministro de gases portadores, que se descargan desde una salida 23. La preforma 20 intermedia parcialmente porosa se cuelga mediante una asa 24 hasta un extremo inferior de una barra 21 de soporte que entra en la cavidad del cuerpo del horno a través de un orificio en una cubierta 22 superior que actúa como tapa de cierre del cuerpo del horno principal de modo que, cuando la preforma está completamente insertada, como se muestra en la Fig. 3A, la cubierta 22 superior impide que se fuguen los gases y el calor desde la parte superior del cuerpo principal del horno. El extremo superior de la barra 21 de soporte se conecta operativamente a un sistema 19 de movimiento que permite un movimiento de traslación (arriba y abajo) a lo largo del cuerpo principal del horno y una rotación alrededor del eje longitudinal de la barra de conexión y en consecuencia de la preforma.

La Figura 3A representa un proceso de deshidratación que precede a la consolidación de la preforma. Se coloca un primer calentador 17 en la proximidad de la superficie exterior del cuerpo 16 principal. Por ejemplo, el primer calentador 17 tiene una forma de anillo y se fija a la circunferencia exterior del tubo envolvente cilíndrico que constituye el cuerpo principal del horno. El primer calentador define una primera zona de calentamiento, normalmente a una temperatura de casi 1100 °C, para deshidratación de las capas porosas de la preforma. La preforma 20 se inserta en el cuerpo 16 principal y se desciende a la primera zona 25 de calentamiento, que se indica en la Fig. 3A con una línea discontinua. Durante la deshidratación, se gira la preforma alrededor de su eje y se suministran uno o más gases de secado, tales como Cl₂, a través de la entrada 18 del cuerpo principal.

Después de la deshidratación, la preforma 20 se somete a un proceso de consolidación, mostrado en la Fig. 3B, en el que la preforma se desciende gradualmente a una segunda zona de calentamiento, representada en la figura con la línea discontinua 26, mantenida a una temperatura más alta que la de la primera zona de calentamiento, por ejemplo a casi 1500 °C, mediante un segundo calentador 27. Por ejemplo, el segundo calentador 27 tiene una forma de anillo y se fija a la circunferencia exterior del tubo envolvente cilíndrico en una sección longitudinal situada hacia abajo de la rodeada por el primer calentador 17. Para mejorar la claridad, el primer calentador no se muestra en la Fig. 3B. La preforma se impulsa hacia abajo a la zona 26 caliente a un ritmo dado para consolidar totalmente la preforma desde la parte inferior a la superior.

Ha de entenderse que puede usarse un único calentador tanto para secado como para consolidación de la preforma intermedia. En ese caso, después de la finalización del procedimiento de deshidratación, el calentador se mueve hacia abajo del horno y se incrementa la temperatura hasta la temperatura de consolidación.

En otra realización (no mostrada en las Figs. 3A y 3B), la preforma intermedia parcialmente porosa se somete a consolidación en masa, en la que la preforma se inserta en un cuerpo de horno y permanece estacionaria con respecto a la dirección vertical del cuerpo del horno mientras un calentador térmicamente acoplado al cuerpo del horno produce una temperatura en gradiente a lo largo de la dirección vertical del horno. Durante esta consolidación en masa, la preforma gira alrededor de su eje longitudinal.

Posteriormente a la consolidación de la preforma intermedia, se forma una región de revestimiento sobre la preforma intermedia de vidrio. Preferentemente, se forma una capa revestida de hollín mediante el depósito de material de hollín sobre la circunferencia exterior de la preforma intermedia de vidrio mediante un procedimiento de hidrólisis de llama. Preferentemente, la región revestida se forma mediante un procedimiento de OVD, en el que la preforma intermedia de vidrio se coloca sobre un torno horizontal y tiene lugar la deposición de hollín de sílice en el exterior de la preforma en rotación hasta que se hace crecer la cantidad deseada de material, que se relaciona con el grosor deseado de la región revestida, alrededor de la preforma.

Una vez se consigue el grosor deseado de la capa de revestimiento de hollín sobre la preforma intermedia de vidrio, la deposición de hollín para la formación de la capa de revestimiento de hollín se finaliza. La capa revestida de hollín se extiende desde la una interfaz de la preforma intermedia de vidrio hasta la extensión más exterior de la preforma de hollín.

La preforma resultante parcialmente porosa se sinteriza en un horno, que puede ser un horno de deshidratación-consolidación, mediante el seguimiento de un procedimiento como se describe con referencia a las figuras 3A y 3B. La consolidación produce una preforma de vidrio para una fibra óptica. Preferentemente, la región revestida se fabrica de sílice pura.

En otra realización, la capa revestida puede formarse mediante un procedimiento de APVD, en el que se suministran partículas de sílice natural o sintético en una llama de plasma y se sinteriza por calor sobre la circunferencia exterior

de una preforma intermedia de vidrio en rotación.

La Figura 4 es un diagrama esquemático de una vista en sección transversal de una preforma de vidrio para una fibra óptica. Se usan los mismos números que los de la Figura 2 para referirse a características iguales. La región 14 revestida rodea una región 13 de revestimiento intermedio. La relación núcleo a revestimiento a/d final puede seleccionarse de modo que se obtenga, después del estirado, una fibra óptica que tenga un diámetro exterior de está de acuerdo con las especificaciones de las transmisiones monomodo, es decir de aproximadamente 125 μm . Por ejemplo, a/d es de aproximadamente 0,08.

Mediciones (no mostradas) de perfil de índice de refracción relativo sobre una pluralidad de preformas de fibra óptica de vidrio obtenidas mediante el procedimiento consistente con la presente divulgación y que tienen un revestimiento de sílice puro no mostraron típicamente ninguna discontinuidad significativa en la interfaz entre la superficie exterior de la región de revestimiento intermedio y la región revestida implicando que la calidad del vidrio de las dos regiones era sustancialmente la misma.

A continuación de la formación de una preforma de vidrio para fibra óptica, en las formas usuales, se desciende la preforma de fibra óptica de vidrio a relativamente baja velocidad en una torre de estirado que incluye un horno que tiene una zona caliente en donde se calienta a una temperatura de fusión (típicamente, a una temperatura dentro del intervalo 2000 °C-2200 °C) en la región de restricción, en la que se ablanda el vidrio y se somete a reducción en el área de sección transversal hasta el área de sección transversal deseada de la fibra. Desde la punta inferior de la región de restricción, emerge la fibra óptica en donde es agarrada por un dispositivo mecánico.

Ejemplos

Ejemplo comparativo 1

Se depositaron casi 11.000 gramos de hollín de sílice para formar una capa de revestimiento de hollín mediante el uso de un procedimiento OVD usando como reactivo octametilclotetrasiloxano (OMCTS), al que se hace referencia también como D4, sobre una barra de núcleo de vidrio de sílice dopada con GeO_2 con un perfil de salto de índice. La barra de vidrio tenía una longitud de aproximadamente 1,35 metros, un diámetro de aproximadamente 14,4 mm y una relación de núcleo a revestimiento $a/b=0,343$. La preforma de fibra óptica parcialmente porosa se deshidrató manteniendo la preforma en una zona caliente del horno de deshidratación-consolidación a aproximadamente 1100 °C, durante 120 minutos en un flujo de 15 l/min de He + 0,9 l/min de Cl_2 , con una velocidad de rotación de 1 vuelta/min para asegurar simetría axial. A continuación, la capa revestida de hollín se sinterizó mediante la conducción hacia abajo de la preforma parcialmente porosa a una zona calentada a 1500 °C del horno de consolidación a una tasa de descenso de 7 mm/min en una atmósfera de He + Cl_2 que tenía el mismo caudal de gas usado en la deshidratación, mientras se giraba la preforma con una velocidad de rotación de 1 vuelta/min.

La preforma se colocó entonces durante 12 horas en un horno de mantenimiento a 1000 °C con nitrógeno.

Se estiró la preforma en una torre de estirado estándar, el diámetro exterior de las fibras estiradas se mantuvo a 125 ± 1 micras durante el estirado. Se midieron las propiedades ópticas de diversas secciones de longitud de fibra óptica, que se bobinaron en bobinas respectivas. En todos los ejemplos descritos en el presente documento, se midió el diámetro de campo modal (MFD) de una fibra óptica de acuerdo con la norma IEC 60793-1-45 (2001-07), con una longitud de onda de 1310 nm. El valor promedio de la MFD fue de 9,21 μm , de acuerdo con la norma G.652.

Se realizaron mediciones de atenuación espectral sobre diversas bobinas de fibra óptica mediante el uso de un banco de medición PK 2200 comercial. Los valores de atenuación promedio medidos fueron:

Atenuación a 1310 nm = 0,329 dB/km
 Atenuación a 1380 nm = 0,341 dB/km
 Atenuación a 1550 nm = 0,191 dB/km

Ejemplo comparativo 2

Se depositaron casi 5500 gramos de hollín de sílice para formar una capa de revestimiento de hollín mediante el uso de un procedimiento de OVD (reactivo SiCl_4) sobre una barra de núcleo de vidrio de sílice dopada con GeO_2 que tenía un perfil de salto de índice y $a/b=0,292$. La barra de vidrio tenía una longitud de aproximadamente 0,95 m y un diámetro de aproximadamente 13,4 mm. Después de la deposición de la capa de revestimiento de hollín, la preforma se deshidrató manteniendo la preforma en una zona caliente a aproximadamente 1100 °C de un horno de deshidratación/consolidación, durante 120 minutos en un flujo de 15 l/min de He + 0,9 l/min de Cl_2 , con una velocidad de rotación de 1 vuelta/min para asegurar simetría axial. A continuación, la capa revestida de hollín se sinterizó mediante la conducción hacia abajo de la preforma a una zona calentada a 1500 °C del horno con una tasa de descenso de 7 mm/min en la misma atmósfera de He + Cl_2 usada para el procedimiento de deshidratación, mientras se giraba la preforma con una velocidad de rotación de 1 vuelta/min.

La preforma se colocó entonces durante 12 horas en un horno de mantenimiento a 1000 °C con nitrógeno.

Se estiró la preforma en una torre de estirado estándar. El diámetro la fibra se mantuvo a 125 ± 1 micras. Se midieron las propiedades ópticas de diversas secciones de longitud de fibra óptica, que se bobinaron en bobinas respectivas. EL MFD promedio a 1310 nm fue de $9,15 \mu\text{m}$, de acuerdo con la norma G.652.

- 5 Se realizaron mediciones de atenuación espectral sobre diversas bobinas de fibra óptica mediante el uso de un banco de medición PK 2200 comercial. Los valores de atenuación promedio medidos fueron:

Atenuación a 1310 nm = 0,329 dB/km
 Atenuación a 1380 nm = 0,294 dB/km
 Atenuación a 1550 nm = 0,194 dB/km

- 10 Se observa que la selección de una relación a/b inferior con respecto a la del ejemplo comparativo 1 permite obtener una fibra óptica con una muy pequeña contribución de agua, es decir atenuación a la longitud de onda de 1380 nm.

Ejemplo 1

- 15 Se formó una capa de revestimiento intermedio de hollín mediante la deposición de casi 600 gramos de hollín de sílice mediante un procedimiento OVD (reactivo D4) sobre una barra de vidrio de sílice dopada con GeO_2 (de aproximadamente 1,35 metros de longitud y de aproximadamente 14,4 mm de diámetro) con un perfil de salto de índice del núcleo, un revestimiento interior de sílice a y una primera relación de núcleo a revestimiento, a/b, de 0,348. La preforma intermedia parcialmente porosa obtenida se insertó en un horno de deshidratación/consolidación y mantuvo en una primera zona caliente del horno para deshidratación a aproximadamente 1100 °C durante 120 minutos en una atmósfera de He + Cl_2 con un caudal de gas de 15 l/min de He + 0,9 l/min Cl_2 . Durante el proceso de deshidratación, la preforma intermedia se giró uniformemente a una velocidad de rotación de 1 vuelta/min para asegurar simetría axial. Posteriormente, la capa de revestimiento intermedio se sinterizó mediante la conducción hacia abajo de la preforma a una segunda zona caliente a 1500 °C del horno a una velocidad de descenso de 7 mm/min en la misma atmósfera de He + Cl_2 usada para el procedimiento de deshidratación, mientras se giraba la preforma a una velocidad de rotación de 1 vuelta/min. La preforma se colocó entonces durante 12 horas en un horno de mantenimiento a 1000 °C en el que se hizo fluir nitrógeno.

La preforma intermedia de vidrio resultante tenía una segunda relación de núcleo a revestimiento, a/c, de 0,23.

- 30 Se formó una capa de revestimiento de hollín mediante el depósito de casi 10.800 gramos de hollín de sílice mediante OVD (reactivo D4) sobre la preforma intermedia de vidrio. Tras la deposición del hollín de revestimiento, la preforma parcialmente porosa se secó y sinterizó en la misma atmósfera de He + Cl_2 usada en el procedimiento de deshidratación/consolidación de la preforma intermedia y se llevó a cabo mediante el uso de los mismos parámetros de proceso.

- 35 La preforma sinterizada se colocó entonces durante 12 horas en un horno de mantenimiento a 1000 °C con nitrógeno y posteriormente se estiró en una torre de estirado estándar. El diámetro exterior de la fibra se mantuvo a 125 ± 1 micras. Se midieron las propiedades ópticas de diversas secciones de longitud de fibra, que se bobinaron sobre bobinas respectivas. Los valores promedio de las propiedades ópticas medidas fueron:

Longitud de onda de dispersión cero = 1313 nm
 MFD a 1310 nm = $9,41 \mu\text{m}$
 Longitud de onda de corte cableada = 1194 nm

- 40 Se realizaron mediciones de atenuación espectral sobre varias bobinas de fibra óptica mediante el uso de un banco de medición PK 2200 comercial. Los valores de atenuación promedio medidos fueron:

Atenuación a 1310 nm = 0,331 dB/km
 Atenuación a 1380 nm = 0,290 dB/km
 Atenuación a 1550 nm = 0,194 dB/km

- 45 El uso del proceso de doble revestimiento comenzando con la barra del núcleo que tenía una relación a/b próxima a la del Ejemplo comparativo 1 permite obtener una fibra óptica con una muy pequeña contribución de agua.

Ejemplo 2

- 50 Se formó una capa de revestimiento intermedio de hollín mediante la deposición de casi 220 gramos de hollín de sílice a través de un procedimiento OVD (reactivo SiCl_4) sobre una barra de vidrio de sílice dopada con GeO_2 (de aproximadamente 0,95 metros de longitud y aproximadamente 10 mm de diámetro) con un perfil de salto de índice del núcleo, un revestimiento interior, y una primera relación de núcleo a revestimiento, a/b, de 0,377. La preforma intermedia parcialmente porosa obtenida se insertó en un horno de deshidratación/consolidación y se sometió a un procedimiento de deshidratación seguido por un procedimiento de consolidación sustancialmente bajo las mismas condiciones usadas en el Ejemplo 1 previo.

ES 2 681 793 T3

La preforma intermedia de vidrio resultante tenía una segunda relación de núcleo a revestimiento, a/c , de 0,25.

5 Se formó una capa de revestimiento de hollín mediante el depósito a través de OVD (reactivo SiCl_4) de casi 7500 gramos de hollín de sílice sobre la preforma intermedia de vidrio. La preforma de fibra óptica obtenida se secó y sinterizó como en el ejemplo 1. La preforma de vidrio de fibra óptica se colocó entonces durante 12 h en un horno de mantenimiento a 1000 °C con nitrógeno.

La preforma de vidrio de fibra óptica se estiró en una torre de estirado estándar hasta una fibra óptica que tenía un diámetro exterior mantenido a 125 ± 1 micras. Se midieron las propiedades ópticas de diversas secciones de longitud de fibra, que se bobinaron sobre bobinas respectivas. Los valores promedio de las propiedades ópticas medidas fueron:

10 Longitud de onda de dispersión cero = 1328 nm
MFD a 1310 nm = 8,15 μm
Longitud de onda de corte cableada = 1250 nm

Se realizaron mediciones de atenuación espectral sobre varias bobinas de fibra óptica mediante el uso de un banco de medición PK 2200 comercial. Los valores de atenuación promedio medidos fueron:

15 Atenuación a 1310 nm = 0,334 dB/km
Atenuación a 1380 nm = 0,288 dB/km
Atenuación a 1550 nm = 0,194 dB/km

20 Puede observarse que el uso del proceso de doble revestimiento de acuerdo con el presente ejemplo, que comienza con una barra del núcleo, que tiene una relación a/b mayor que la del Ejemplo comparativo 1, permite obtener una fibra óptica monomodo con una muy pequeña contribución de agua.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de fabricación de una preforma de fibra óptica, que comprende:

- proporcionar una barra (1) de núcleo de vidrio que comprende una región (11) del núcleo central de radio a y una región (12) de revestimiento interior de radio externo b para definir una primera relación de núcleo a revestimiento a/b;
- formar una preforma (10) intermedia de vidrio que comprende una región (13) de revestimiento intermedio que rodea la región (12) de revestimiento interior de la barra del núcleo de vidrio y que tiene un radio exterior c para definir una segunda relación de núcleo a revestimiento a/c, y
- revestir la preforma (10) intermedia de vidrio mediante la formación de una región (14) revestida que rodea la región (13) de revestimiento intermedio para formar una preforma de fibra óptica,

caracterizado porque la primera relación de núcleo a revestimiento a/b es de al menos 0,34 e igual a o menor que 0,40 y la segunda relación de núcleo a revestimiento a/c es desde 0,20 a 0,25.

2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que a/b es desde 0,38 a 0,40.

3. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, en el que la formación de una preforma (10) de intermedia vidrio comprende:

- depositar material de hollín alrededor de la barra de núcleo de vidrio mediante un procedimiento de hidrólisis de llama para formar una capa de revestimiento intermedio de hollín, y
- calentar para consolidar la capa depositada de revestimiento intermedio de hollín para formar una preforma intermedia de vidrio.

4. El procedimiento de la reivindicación 3, en el que el material de hollín que forma una capa de revestimiento intermedio de hollín es hollín de sílice.

5. El procedimiento de la reivindicación 3 o 4, en el que el procedimiento de deposición por hidrólisis de llama es un procedimiento de deposición externo en fase de vapor.

6. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que la región (12) de revestimiento interior es de sílice pura.

7. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que el revestimiento de la preforma (10) intermedia de vidrio comprende:

- depositar material de hollín alrededor de la preforma intermedia de vidrio mediante un procedimiento de hidrólisis de llama para formar una capa de hollín revestida, y
- calentar para consolidar la capa de hollín revestida de modo que forme una preforma de fibra óptica.

8. El procedimiento de la reivindicación 7, en el que el procedimiento de deposición de hidrólisis de llama es un procedimiento de deposición externo en fase de vapor.

9. Un procedimiento de fabricación de una fibra óptica que comprende:

- formar una preforma de fibra óptica de acuerdo con la reivindicación 1, y
- estirar la preforma de fibra óptica para fabricar una fibra óptica.

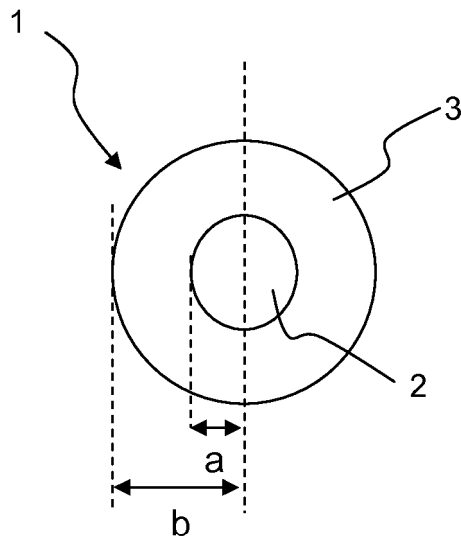


FIG. 1

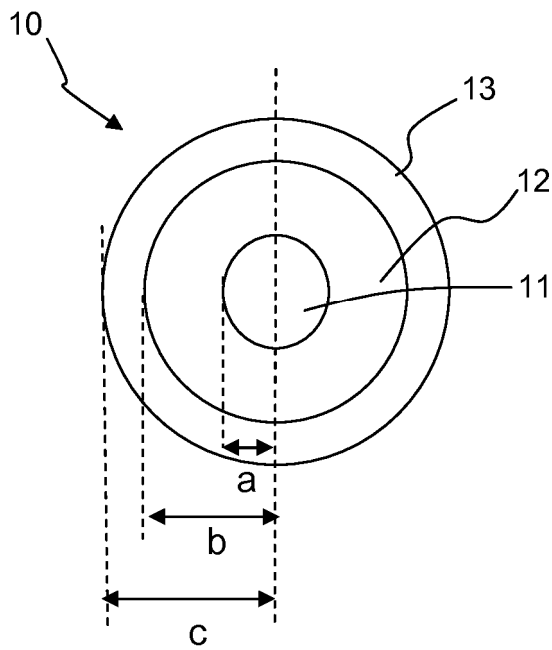


FIG. 2

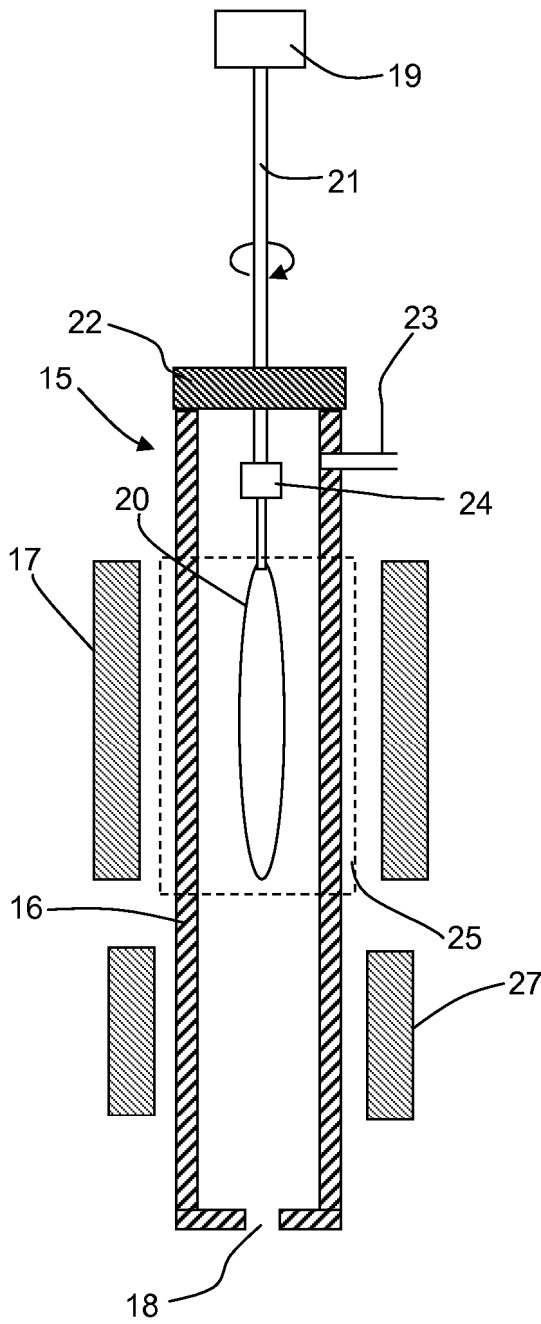


FIG. 3A

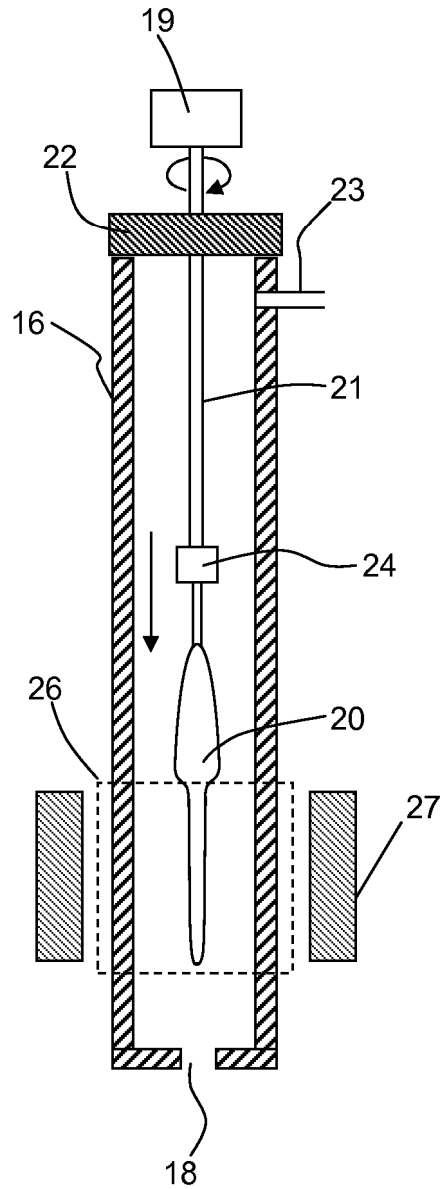


FIG. 3B

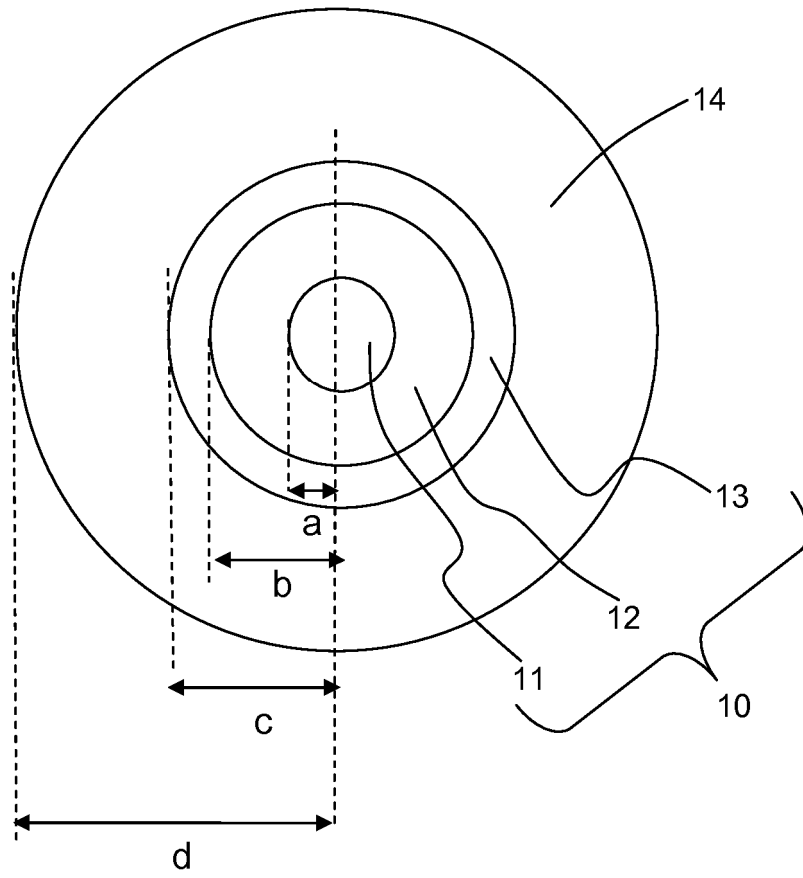


FIG. 4