

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 962 308**

51 Int. Cl.:

G02B 6/02 (2006.01)

G02B 6/036 (2006.01)

C03B 37/018 (2006.01)

C03B 37/027 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.08.2018 PCT/CN2018/102809**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.11.2019 WO19218525**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.08.2018 E 18918992 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.09.2023 EP 3715923**

54 Título: **Fibra óptica monomodo con pérdida ultrabaja y gran área efectiva y método de fabricación de la misma**

30 Prioridad:

14.05.2018 CN 201810453514

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
18.03.2024

73 Titular/es:

**FIBERHOME TELECOMMUNICATION
TECHNOLOGIES CO., LTD. (100.0%)
No. 6 High-Tech 4 Road, East Lake High-Tech
Zone Wuhan
Hubei 430000, CN**

72 Inventor/es:

**YU, HUANG;
ZHAO, ZISEN;
LUO, CHENG y
ZHANG, YICHI**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 962 308 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

Fibra óptica monomodo con pérdida ultrabaja y gran área efectiva y método de fabricación de la misma

5 Campo de la invención

La invención se refiere a una fibra óptica monomodo con pérdida ultrabaja y una gran área efectiva y a un método de fabricación de la misma.

10 Antecedentes de la invención

Con la llegada de la tecnología de transmisión coherente, en el campo de la transmisión de fibra óptica, algunos índices importantes que originalmente limitaban la transmisión de larga distancia, de gran capacidad y de alta velocidad ya no son los principales factores limitantes. El índice de dispersión y la dispersión del modo de polarización se relajarán aún más en futuros sistemas de transmisión. Sin embargo, el aumento de la capacidad de transmisión y la distancia requiere una mayor potencia de entrada de fibra y una menor pérdida de fibra para satisfacer la demanda de una relación señal-ruido distinguible. Con el aumento de la potencia de la fibra óptica, efectos no lineales tales como la modulación de fase, la modulación de fase cruzada y la mezcla de cuatro ondas se generan inevitablemente en la capa central de la fibra óptica, especialmente, el efecto de dispersión Brillouin estimulado con un umbral más bajo. La aparición de estos efectos hace que el sistema genere diafonía de señales o que se reduzca la relación señal-ruido del sistema, de modo que la capacidad de transmisión no se puede mejorar continuamente.

La razón para introducir una fibra óptica con bajas pérdidas y una gran área efectiva es mejorar sistemáticamente la relación señal óptica-ruido y reducir los efectos de los efectos no lineales. Cuando se utiliza un sistema de densidad de alta potencia, el coeficiente no lineal es un parámetro utilizado para el rendimiento del sistema debido a efectos no lineales, que se define como n_2/A_{ef} . Entre los mismos, n_2 es el índice de refracción no lineal de la fibra óptica de transmisión, y A_{ef} es el área efectiva de la fibra óptica de transmisión. De la fórmula se puede ver que aumentar el área efectiva de la fibra óptica de transmisión puede reducir los efectos no lineales en la fibra óptica.

En el diseño actual del perfil de índice de refracción con una gran área efectiva, la gran área efectiva se obtiene a menudo aumentando el diámetro de la capa central óptica para transmitir señales ópticas. Este tipo de esquema presenta ciertas dificultades de diseño. Por un lado, la capa central de la fibra óptica y la capa de revestimiento cercana determinan principalmente el rendimiento básico de la fibra óptica y ocupan una gran proporción del coste de fabricación de la fibra óptica. Si la dimensión radial diseñada es demasiado grande, inevitablemente aumentará el coste de fabricación de la fibra óptica y aumentará el precio de la fibra óptica. Por otro lado, en comparación con la fibra monomodo normal, el aumento del área efectiva de la fibra conducirá al deterioro de algunos otros parámetros de la fibra óptica, por ejemplo, la longitud de onda de corte aumentará; además, si el perfil del índice de refracción de la fibra óptica se diseña incorrectamente, también conducirá al deterioro de parámetros tal como el rendimiento de flexión y la dispersión.

En el material de fibra óptica, la atenuación de la fibra óptica proviene principalmente de la pérdida inherente de la fibra óptica y la pérdida adicional causada por las condiciones de uso después de fabricar la fibra óptica. La primera comprende la pérdida por dispersión, la pérdida de absorción y la pérdida causada por una estructura imperfecta de la fibra óptica. Las pérdidas adicionales comprenden pérdidas por microflexión y pérdidas por empalme. En general, cuanto menor sea la concentración del material dopante, menor será la pérdida causada por la dispersión de Rayleigh.

En la actualidad, el uso de fibra de núcleo de silicio puro puede reducir la pérdida de dispersión, pero la reducción de la pérdida por dispersión no puede explicar la transmisión general de la fibra óptica. Cuando las pérdidas por dispersión se reducen, algunas pérdidas de transmisión no disminuyen sino que aumentan. La causa principal es principalmente la desadaptación entre las propiedades termofísicas del material de la capa central de fibra óptica y el material de la capa de revestimiento, especialmente, la desadaptación entre la viscosidad a alta temperatura y el coeficiente de expansión térmica. Por lo tanto, en el proceso de estirado real, la desadaptación de la viscosidad a alta temperatura de los componentes del material de fibra óptica conduce a una estructura de fibra óptica incompleta, lo que afecta seriamente la reducción de la pérdida de transmisión de la fibra óptica y dificulta la fabricación de fibras ópticas de bajas pérdidas. Por otro lado, la desadaptación de la viscosidad a alta temperatura se debe a diferentes temperaturas específicas del material de la capa central y del material de la capa de revestimiento, tal como la temperatura de ablandamiento del vidrio. Durante el proceso de estirado, las diferentes temperaturas específicas de la capa central y la capa de revestimiento provocarán una gran tensión residual en la fibra óptica, que no solo destruye la estructura de guía de ondas diseñada, sino que también afecta a la resistencia y vida útil de la fibra óptica.

El documento CN104459876A se refiere a una fibra óptica monomodo con atenuación ultrabaja y una gran área efectiva. La fibra óptica monomodo comprende una capa central y una capa envolvente y se caracteriza por que la capa central comprende un cuerpo de capa central de hundimiento y un cuerpo de capa central externa desde el centro hacia el exterior; la capa envolvente comprende un cuerpo de capa envolvente interna, un cuerpo de capa envolvente interna de hundimiento, un cuerpo de capa envolvente externa auxiliar y un cuerpo de capa envolvente externa desde el interior hacia el exterior; el radio R_1 del cuerpo de la capa central de hundimiento varía de $1,5 \mu\text{m}$ a $4 \mu\text{m}$, y la

refractividad relativa varía del -0,10 % al 0,02 %; el radio R_2 del cuerpo de la capa central externa varía de 4,5 μm a 6,5 μm , y la refractividad relativa varía del -0,08 % al 0,10 %; el radio R_3 del cuerpo de la capa envolvente interna varía de 9 μm a 15 μm , y la refractividad relativa varía del -0,25 % al -0,1 %; el radio R_4 del cuerpo de la capa envolvente interna de hundimiento varía de 12 μm a 20 μm , y la refractividad relativa varía del -0,6 % al -0,25 %; el radio R_5 del cuerpo de la capa envolvente interna auxiliar varía de 35 μm a 50 μm , y la refractividad relativa varía del -0,45 % al -0,15 %; el cuerpo de la capa envolvente externa es una capa de vidrio de dióxido de silicio puro. La fibra óptica monomodo tiene una gran área efectiva y una buena pérdida de flexión y rendimiento de dispersión cromática, la longitud de onda de corte del cableado es inferior a 1530 nm y el coste de producción es bajo.

El documento CN107179579A divulga una fibra óptica de baja pérdida y un método de fabricación de la misma. La fibra óptica comprende secuencialmente una capa central y un revestimiento adyacente desde el interior hacia el exterior. La capa central no contiene germanio y el contenido de flúor en la capa central es menor o igual al 0,1 % en peso. El índice de refracción de la capa central es menor o igual al 0,05 % y el contenido de flúor en el revestimiento adyacente es del 1 al 2 % en peso. El índice de refracción del revestimiento adyacente es inferior o igual al 0,28 %. La capa central y el revestimiento adyacente están dopados con haluro de metal alcalino. De acuerdo con la invención, la atenuación causada por los radicales hidroxilo en la longitud de onda de 1383 nm se puede reducir en un proceso de contracción de la varilla bajo la condición de cumplir con los requisitos del diseño del índice de refracción del núcleo y el revestimiento mediante la adición de haluro de metal alcalino. Por otra parte, la adaptación de la viscosidad de la capa central y la viscosidad del revestimiento se puede lograr mediante la optimización de la concentración de dopaje de iones germanio, flúor y potasio, reduciendo así de manera efectiva la atenuación de la fibra causada por la concentración de la tensión de un núcleo de fibra en un proceso de estirado.

Sumario de la invención

En vista de los defectos existentes en la técnica anterior, un objeto de la presente invención es proporcionar una fibra óptica monomodo con pérdida ultrabaja y una gran área efectiva y un método de fabricación de la misma, lo que puede reducir el coeficiente de atenuación y aumentar el área efectiva y la resistencia a la flexión.

Con el fin de lograr el objeto anterior, la presente invención adopta una fibra óptica monomodo con pérdida ultrabaja y una gran área efectiva según las reivindicaciones 1 y 7.

Sobre la base de la solución técnica anterior, un contenido de iones de metales alcalinos en la capa central es de 5 a 1000 ppm.

Sobre la base de la solución técnica anterior, el óxido de metal alcalino es uno o más de óxido de litio, óxido de sodio, óxido de potasio, óxido de rubidio, óxido de cesio y óxido de francio.

Sobre la base de la solución técnica anterior, un área efectiva de la fibra óptica monomodo a una longitud de onda de 1550 nm es de 130 o 133 μm^2 .

Sobre la base de la solución técnica anterior, cuando la fibra óptica monomodo se enrolla una vuelta con un radio de curvatura de 10 mm, una pérdida por macroflexión a una longitud de onda de 1550 nm es igual a 0,36 o 0,38 dB/km.

Sobre la base de la solución técnica anterior, un diámetro de campo modal de la fibra óptica monomodo a una longitud de onda de 1550 nm es de 12,8 o 13 μm .

La presente invención proporciona además un método para fabricar una fibra óptica monomodo con pérdida ultrabaja y un área efectiva grande según cualquiera de los anteriores, que comprende las siguientes etapas: usar un método de deposición química de vapor por plasma para depositar y fabricar una preforma de fibra óptica en un tubo de reacción de cuarzo, usando SiCl_4 , GeCl_4 , y C_2F_6 como materia prima para la preforma de fibra óptica, preparar un perfil diseñado de la preforma de fibra óptica cambiando el caudal y la relación del flujo de gas, así como la velocidad de movimiento de la zona de reacción y el número de deposiciones durante el proceso de producción, a continuación, añadir una cierta concentración del óxido de metal alcalino durante el proceso de formación de la preforma, al mismo tiempo, añadir oxígeno para que la reacción elimine el agua, finalmente fundir la preforma a alta temperatura para obtener una preforma de fibra óptica dopada con metal alcalino, y a continuación, someter la preforma de fibra óptica dopada con metal alcalino a un proceso de estirado.

Sobre la base de la solución técnica anterior, la temperatura para estirar la preforma de fibra óptica es de 1800 a 2000 °C.

En comparación con la técnica anterior, la presente invención tiene las siguientes ventajas:

(1) La fibra óptica monomodo proporcionada por la presente invención tiene un diámetro de campo modal de 12,8 o 13 μm en la longitud de onda de trabajo de 1550 nm, que no solo puede reducir la densidad de potencia de la luz, sino que también aumenta el área efectiva de la fibra óptica; el área efectiva de la fibra óptica es de 130 o 133 μm^2 .

(2) Según la fibra monomodo proporcionada por la presente invención, la capa central interna tiene el radio R_1 de 2,7 o 3 μm , y la capa central externa tiene el radio R_2 de 5,7 o 6 μm , el diámetro de la capa central no es muy grande, mientras que la longitud de onda de corte es de 1510 o 1507 nm.

(3) La presente invención puede reducir la pérdida por macroflexión bajo el estado de flexión de la fibra óptica y tiene una resistencia a la flexión superior, cuando la fibra óptica monomodo tiene un radio de curvatura de 10 mm * 1 vuelta, la pérdida por macroflexión en la longitud de onda de trabajo de 1550 nm es de 0,36 o 0,38 dB/km.

(4) Cuando las fibras ópticas monomodo se empalman entre sí, una pérdida de empalme en un solo punto es inferior a 0,05 dB; además, tomando como ejemplo para la prueba la fibra óptica monomodo con un diámetro de 125 μm , cuando la longitud de onda de trabajo es de 1550 nm, su coeficiente de atenuación es de 0,158 o 0,155 dB/km, que tiene la característica de pérdida ultrabaja.

En síntesis, la fibra óptica monomodo proporcionada por la presente invención, en el caso de satisfacer el diseño de la guía de ondas, limitando el índice de refracción relativo y la relación de tamaño de la capa central y la capa de revestimiento, hace que la fibra óptica monomodo tenga características de gran área efectiva; al mismo tiempo, en caso de satisfacer el índice de refracción relativo en este diseño de guía de ondas, limitando la composición específica del índice de refracción relativo (que aporta el índice de refracción de germanio y flúor) y dopando el metal alcalino, se puede reducir la tensión entre la capa central y la capa de revestimiento y se puede optimizar la viscosidad del núcleo-revestimiento, logrando así la adaptación de la viscosidad del revestimiento del núcleo, obteniendo las características de pérdida ultrabaja de la fibra óptica y, finalmente, haciendo que la fibra óptica monomodo tenga las características de pérdida ultrabaja y gran área efectiva, que no solo puede reducir los efectos no lineales en la fibra óptica, mejorar la relación señal óptica-ruido, aumentar la capacidad de transmisión, sino que también tiene mejores perspectivas de aplicación y beneficios sociales debido a que el diámetro de la fibra óptica no es muy grande y la longitud de onda de corte es de 1510 o 1507 nm.

Descripción de los dibujos

La figura 1 muestra una vista estructural esquemática en sección transversal de una fibra óptica desnuda de la fibra monomodo en la realización de la presente invención;

La figura 2 muestra un diagrama esquemático de un índice de refracción en la realización de la presente invención.

En las Figuras: 1 capa central interna; 2 capa central externa; 3 capa de revestimiento deprimida; 4 capa de revestimiento externa; n_2 índice de refracción relativo de la capa central externa; R_1 radio de la capa central interna; R_2 radio de la capa central externa; R_3 radio de la capa de revestimiento deprimida; R_4 radio de la capa de revestimiento externa; Δ_1 diferencia relativa del índice de refracción de la capa central interna; Δ_2 diferencia relativa del índice de refracción de la capa central externa; Δ_3 diferencia relativa del índice de refracción de la capa de revestimiento deprimida.

Descripción detallada de las realizaciones

A continuación, se describe adicionalmente en detalle la presente invención con referencia a los dibujos adjuntos y a las realizaciones.

Los términos técnicos relacionados con la presente invención se definen de la siguiente manera:

Deposición: proceso de producción de vidrio de cuarzo dopado mediante reacción química de materias primas de fibra óptica en un entorno determinado.

Fusión: proceso de quemar gradualmente el tubo de vidrio hueco depositado hasta convertirlo en una varilla de vidrio sólida bajo una determinada fuente de calor.

Tubo: tubos de vidrio de cuarzo de alta pureza que cumplen con una determinada área de sección transversal y uniformidad de tamaño.

Tubo base: tubos de vidrio de cuarzo de alta pureza para deposición.

Perfil de índice de refracción (RIP): es la relación que se establece entre el índice de refracción de una fibra óptica o preforma de fibra óptica (que comprende la varilla de núcleo de fibra óptica) y su radio.

$$\Delta\% = \frac{n_i^2 - n_0^2}{2n_i^2} \times 100\%$$

Índice de refracción relativo ($\Delta\%$): , en donde n_i es el índice de refracción del material de fibra óptica en la capa i , i es un entero positivo y n_0 es el índice de refracción del vidrio de cuarzo puro.

Área efectiva:

5

$$A_{ef} = 2\pi \times \frac{\left(\int_0^{\infty} E^2 r dr \right)^2}{\int_0^{\infty} E^4 r dr}$$

en donde E es una componente transversal de un campo eléctrico relacionado con la propagación y r es el radio de la fibra óptica.

10

Diámetro del campo modal:

$$MFD = 2 \left[\frac{\int_0^{\infty} r E^2(r) dr}{\int_0^{\infty} r \left[\frac{dE(r)}{dr} \right]^2 dr} \right]^{1/2}$$

15 en donde E es la componente transversal del campo eléctrico relacionado con la propagación, r es el radio de la fibra óptica.

PCVD: Deposición de vapor químico de plasma.

20 MCVD: Deposición de vapor químico modificado.

OVD: Deposición de vapor externa.

VAD: Deposición axial de vapor.

25

Realización 1

30 Como se muestra en la figura 1 y la figura 2, la realización de la presente invención proporciona una fibra óptica monomodo con pérdida ultrabaja y una gran área efectiva, en donde la fibra óptica desnuda de la fibra óptica monomodo comprende una capa central y una capa de revestimiento en secuencia desde el interior hacia el exterior. La capa central comprende una capa central interna 1 y una capa central externa 2 que están dispuestas en secuencia desde el interior hacia el exterior. El radio R_1 de la capa central interna 1 es de 2,7 o 3 μm , y el índice de refracción relativo de la capa central interna 1 es -0,02 % o -0,01 %. El radio R_2 de la capa de núcleo externa 2 es de 5,7 o 6 μm , y el índice de refracción relativo de la capa de núcleo externa 2 es -0,006 % o -0,008 %.

35

La capa central apenas está dopada con germanio y es una capa de vidrio de sílice dopada con flúor y un óxido de metal alcalino. La capa de revestimiento comprende una capa de revestimiento deprimida 3 y una capa de revestimiento externa 4 que están dispuestas en secuencia desde dentro hacia fuera. El radio R_3 de la capa de revestimiento deprimida 3 es de 47 o 49 μm , y el índice de refracción relativo de la capa de revestimiento deprimida 3 es -0,235 % o -0,24 %.

40

El radio R_4 de la capa de revestimiento externa 4 es de 62,5 μm , y la capa de revestimiento externa 4 es una capa de vidrio de sílice pura.

45 El índice de refracción relativo de la capa central interna 1 es n_1 .

El índice de refracción relativo de la capa central externa 2 es n_2 .

El índice de refracción relativo de la capa de revestimiento deprimida 3 es n_3 .

El índice de refracción relativo de la capa de revestimiento externa 4 es n_4 .

- 5 Basado en el índice de refracción relativo n_4 de la capa de revestimiento externa 4, existe una diferencia relativa de índice de refracción entre cada capa y la capa de revestimiento externa.

La fórmula de cálculo de la diferencia relativa del índice de refracción es la siguiente:

10
$$\Delta = (n - n_4) / (n + n_4) * 100 \%$$

en donde n es el índice de refracción de la capa correspondiente comparado con el índice de refracción de la capa de revestimiento externa 4.

- 15 Al calcular la diferencia relativa del índice de refracción entre la capa de núcleo interna 1 y la capa de revestimiento externa 4, Δ en la fórmula anterior es la diferencia relativa del índice de refracción Δ_1 de la capa central interna 1, y n es el índice de refracción relativo n_1 de la capa central interna 1.

- 20 Al calcular la diferencia relativa del índice de refracción entre la capa de núcleo externa 2 y la capa de revestimiento externa 4, Δ en la fórmula anterior es la diferencia relativa del índice de refracción Δ_2 de la capa central externa 2, y n es el índice de refracción relativo n_2 de la capa central externa 2.

- 25 Al calcular la diferencia relativa del índice de refracción entre la capa de revestimiento deprimida 3 y la capa de revestimiento externa 4, Δ en la fórmula anterior es la diferencia relativa del índice de refracción Δ_3 de la capa de revestimiento deprimida 3, y n es el índice de refracción relativo n_3 de la capa de revestimiento deprimida 3.

- 30 En la fibra monomodo, la capa central apenas está dopada con germanio. Debe entenderse que se controla el contenido de germanio en la capa central, de modo que el índice de contribución de germanio en la capa central externa a la capa central externa es 0,04 % o 0,03 %, y el índice de contribución de germanio en la capa interna a la capa central interna es 0,02 % o 0,06 %.

En la fibra óptica monomodo, el contenido de iones de metales alcalinos en la capa central es de 5 a 1000 ppm.

- 35 En la fibra óptica monomodo, el óxido de metal alcalino es uno o más de óxido de litio, óxido de sodio, óxido de potasio, óxido de rubidio, óxido de cesio y óxido de francio.

El área efectiva de la fibra óptica monomodo a una longitud de onda de 1550 nm es de 130 o 133 μm^2 .

- 40 El coeficiente de atenuación de la fibra óptica monomodo a una longitud de onda de 1550 nm es de 0,158 o 0,155 dB/km.

Cuando la fibra óptica monomodo se enrolla una vuelta con un radio de curvatura de 10 mm, una pérdida por macroflexión en la longitud de onda de 1550 nm es igual a 0,36 o 0,38 dB/km.

- 45 El diámetro del campo modal de la fibra óptica monomodo a una longitud de onda de 1550 nm es de 12,8 o 13 μm .

Realización 2

- 50 Esta realización proporciona un método para fabricar la fibra óptica monomodo mencionada anteriormente con pérdida ultrabaja y una gran área efectiva, comprende las siguientes etapas: usar un método de deposición química de vapor por plasma para depositar y fabricar una preforma de fibra óptica en un tubo de reacción de cuarzo, usando SiCl_4 , GeCl_4 , y C_2F_6 como materia prima para la preforma de fibra óptica, preparar un perfil diseñado de la preforma de fibra óptica cambiando el caudal y la relación del flujo de gas, así como la velocidad de movimiento de la zona de reacción y el número de deposiciones durante el proceso de producción, a continuación, añadir una cierta concentración del
- 55 óxido de metal alcalino durante el proceso de formación de la preforma, al mismo tiempo, añadir oxígeno para que la reacción elimine el agua, finalmente fundir la preforma a alta temperatura para obtener una preforma de fibra óptica dopada con metal alcalino, y a continuación, someter la preforma de fibra óptica dopada con metal alcalino a un proceso de estirado.

- 60 La temperatura para estirar la preforma de fibra óptica es de 1800 a 2000 °C, y la capa de revestimiento externa de la preforma de fibra óptica es una capa de vidrio de cuarzo de sílice pura preparada por OVD, VAD y MCVD.

- 65 Bajo la premisa de satisfacer el diseño del índice de refracción del núcleo revestido, mediante la adición del óxido de metal alcalino en el proceso de fusión, la presente invención puede reducir la atenuación causada por el hidroxilo a la longitud de onda de 1383 nm; por otra parte, mediante la optimización de la concentración de dopaje de flúor y iones de metales alcalinos, la viscosidad de la capa central y la capa de revestimiento se puede adaptar, reduciendo así de

manera efectiva el aumento de la atenuación de la fibra óptica causada por la concentración de tensión del núcleo durante el proceso de estirado.

5 En la presente invención, se dopa una cierta concentración del óxido de metal alcalino en la fibra óptica, de modo que el producto de reacción con oxígeno pueda deshidratarse para reducir la atenuación en la longitud de onda de 1383 nm. Al mismo tiempo, se optimiza la concentración del ion de metal alcalino en la capa central, la tensión central se reduce, para que se pueda adaptar la viscosidad del núcleo-revestimiento.

Realizaciones 3 a 7

10 En la presente invención, se adopta el método de deposición de PCVD, que puede controlar de manera efectiva la distribución del índice de refracción de cada capa. Lo siguiente se explica a través de cinco realizaciones específicas de las Realizaciones 3-7 (las Realizaciones 3-5 no son parte de la presente invención).

Tabla 1. Perfil de índice de refracción y contenido de material dopado de fibra óptica monomodo

Número de realización	Capa central interna 1					Capa central externa 2					Capa de revestimiento deprimida		Capa de revestimiento externa
	Radio R ₁ (μm)	Índice de refracción relativo m (%)	Índice de refracción contributivo de germanio (%)	Índice de refracción contributivo de flúor (%)	Radio R ₂ (μm)	Índice de refracción relativo n ₂ (%)	Índice de refracción contributivo de germanio (%)	Índice de refracción contributivo de flúor (%)	Radio R ₃ (μm)	Índice de refracción relativo n ₃ (%)	Radio R ₄ (μm)	Índice de refracción relativo n ₃ (%)	Radio R ₄ (μm)
3	1,5	-0,1	0,08	-0,18	5	0	0,05	-0,05	40	-0,22	62,5		
4	2	-0,08	0,06	-0,14	5,3	-0,002	0,05	-0,052	43	-0,225	62,5		
5	2,5	-0,05	0,04	-0,09	5,5	-0,004	0,04	-0,044	45	-0,23	62,5		
6	2,7	-0,02	0,02	-0,04	5,7	-0,006	0,04	-0,046	47	-0,235	62,5		
7	3	-0,01	0,06	-0,07	6	-0,008	0,03	-0,038	49	-0,24	62,5		

Tabla 2. Principales parámetros de rendimiento de la fibra óptica monomodo

Número de realización	Diámetro de campo modal (μm) (longitud de onda de trabajo 1550 nm)	Longitud de onda de corte de fibra (nm)	Área efectiva (μm^2)	Coefficiente de atenuación (dB/k m) (longitud de onda de trabajo 1550 nm)	Pérdida de macroflexión (dB/km) (radio de curvatura de 10 mm por vuelta, longitud de onda de trabajo 1550 nm)
3	12,1	1450	122	0,165	0,3
4	12,3	1468	125	0,163	0,32
5	12,6	1476	128	0,161	0,34
6	12,8	1510	130	0,158	0,36
7	13	1507	133	0,155	0,38

5 Como se muestra en la Tabla 2 anterior, la fibra óptica monomodo proporcionada por la presente invención tiene un diámetro de campo modal de 12,8 o 13 μm en la longitud de onda de trabajo de 1550 nm, que no solo puede reducir la densidad de potencia de la óptica, sino que también aumenta el área efectiva de la fibra óptica. El área efectiva es de 130 o 133 μm^2 .

10 La fibra óptica monomodo proporcionada por la presente invención, la capa central interna 1 tiene el radio R_1 de 2,7 o 3 μm , y la capa de núcleo externa 2 tiene el radio R_2 de 5,7 o 6 μm . El diámetro de la capa central no es muy grande, mientras que la longitud de onda de corte es de 1510 o 1507 nm.

15 La presente invención puede reducir la pérdida por macroflexión de la fibra óptica en el estado de flexión y tiene un excelente rendimiento de resistencia a la flexión. En caso de un radio de curvatura de 10 mm * 1 vuelta, la pérdida por macroflexión de la fibra óptica monomodo en la longitud de onda de trabajo de 1550 nm es de 0,36 o 0,38 dB/km.

20 Cuando las fibras monomodo se empalman entre sí, la pérdida por empalme en un solo punto es inferior a 0,05 dB. Además, tomando como ejemplo para la prueba la fibra óptica monomodo con un diámetro de 125 μm , cuando la longitud de onda de trabajo es de 1550 nm, su coeficiente de atenuación es de 0,158 o 0,155 dB/km, que tiene la característica de pérdida ultrabaja.

Una realización comparativa, que no forma parte de la invención reivindicada, se divulga en el documento CN106125192A.

25 En esta realización comparativa, el coeficiente de atenuación de la fibra óptica a 1550 nm es menor o igual a 0,165 dB/km, y el área del campo modal es mayor o igual a 110 μm^2 . En relación con esta realización comparativa, la presente invención proporciona más específicamente el perfil del índice de refracción de la fibra óptica para cumplir los requisitos de guía de ondas de la fibra óptica monomodo con pérdida ultrabaja y gran área efectiva. Por otra parte, el contenido de dopaje de germanio, flúor y metales alcalinos y la relación de tamaño de la capa central y la capa de revestimiento están específicamente limitadas. Al tiempo que garantiza el rendimiento de atenuación ultrabaja, el área efectiva se mejora aún más, de modo que el coeficiente de atenuación de la fibra óptica monomodo proporcionada por la presente invención a 1550 nm es 0,158 o 0,155 dB/km, y el área efectiva es 130 o 133 μm^2 .

35 En conclusión, la fibra óptica monomodo proporcionada por la presente invención, en el caso de satisfacer el diseño de la guía de ondas, limitando el índice de refracción relativo y la relación de tamaño de la capa central y la capa de revestimiento, hace que la fibra óptica monomodo tenga la característica de una gran área efectiva. Al mismo tiempo, en caso de satisfacer el índice de refracción relativo en este diseño de guía de ondas, limitando la composición específica del índice de refracción relativo (que aporta el índice de refracción de germanio y flúor) y dopando el metal alcalino, se puede reducir la tensión entre la capa central y la capa de revestimiento y se puede optimizar la viscosidad del núcleo-revestimiento, logrando así la adaptación de la viscosidad del revestimiento del núcleo, obteniendo la característica de pérdida ultrabaja de la fibra óptica y, finalmente, haciendo que la fibra óptica monomodo tenga las características de pérdida ultrabaja y gran área efectiva, que no solo puede reducir los efectos no lineales en la fibra óptica, mejorar la relación señal óptica-ruido, aumentar la capacidad de transmisión, sino que también tiene mejores perspectivas de aplicación y beneficios sociales debido a que el diámetro de la fibra óptica no es muy grande y la longitud de onda de corte es de 1510 o 1507 nm.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Una fibra óptica monomodo con pérdida ultrabaja y una gran área efectiva, la fibra óptica desnuda de la fibra óptica monomodo comprende una capa central y una capa de revestimiento en secuencia desde el interior al exterior, en donde
- 10 la capa central comprende una capa central interna (1) y una capa central externa (2) que están dispuestas en secuencia desde el interior hacia el exterior; el radio R_1 de la capa central interna (1) es de 2,7 μm , y el índice de refracción relativo n_1 de la capa central interna (1) es -0,02 %; el radio R_2 de la capa central externa (2) es de 5,7 μm , y el índice de refracción relativo n_2 de la capa central externa (2) es -0,006 %; la capa central apenas está dopada con germanio y es una capa de vidrio de sílice dopada con flúor y un óxido de metal alcalino;
- 15 la capa de revestimiento comprende una capa de revestimiento deprimida (3) y una capa de revestimiento externa (4) que están dispuestas en secuencia desde el interior hacia el exterior; el radio R_3 de la capa de revestimiento deprimida (3) es de 47 μm , el índice de refracción relativo n_3 de la capa de revestimiento deprimida (3) es -0,235 %; el radio R_4 de la capa de revestimiento externa (4) es de 62,5 μm , y la capa de revestimiento externa (4) es una capa de vidrio de sílice pura; el índice de refracción contributivo del germanio en la capa central interna (1) a la capa central interna (1) es 0,02 %, y el índice de refracción contributivo del flúor en la capa central interna (1) a la capa central interna (1) es -0,04 %; el índice de refracción contributivo del germanio en la capa central externa (2) a la capa central externa (2) es 0,04 %, y el índice de refracción contributivo del flúor en la capa central externa (2) a la capa central externa (2) es -0,046 %; un coeficiente de atenuación de la fibra óptica monomodo a una longitud de onda de 1550 nm es de 0,158 dB/km.
- 25 2. La fibra óptica monomodo con pérdida ultrabaja y una gran área efectiva según la reivindicación 1, en donde el contenido de iones de metales alcalinos en la capa central es de 5 a 1000 ppm.
- 30 3. La fibra óptica monomodo con pérdida ultrabaja y una gran área efectiva según la reivindicación 1, en donde el óxido de metal alcalino es uno o más de óxido de litio, óxido de sodio, óxido de potasio, óxido de rubidio, óxido de cesio y óxido de francio.
- 35 4. La fibra óptica monomodo con pérdida ultrabaja y una gran área efectiva según la reivindicación 1, en donde un área efectiva de la fibra óptica monomodo a una longitud de onda de 1550 nm es 130 μm^2 .
5. La fibra óptica monomodo con pérdida ultrabaja y una gran área efectiva según la reivindicación 1, en donde cuando la fibra óptica monomodo se enrolla una vuelta con un radio de curvatura de 10 mm, una pérdida por macroflexión a una longitud de onda de 1550 nm es de 0,36 dB/km.
- 40 6. La fibra óptica monomodo con pérdida ultrabaja y una gran área efectiva según la reivindicación 1, en donde el diámetro del campo modal de la fibra monomodo a una longitud de onda de 1550 nm es de 12,8 μm .
- 45 7. Una fibra óptica monomodo con pérdida ultrabaja y una gran área efectiva, la fibra óptica desnuda de la fibra óptica monomodo comprende una capa central y una capa de revestimiento en secuencia desde el interior al exterior, en donde
- 50 la capa central comprende una capa central interna (1) y una capa central externa (2) que están dispuestas en secuencia desde el interior hacia el exterior; el radio R_1 de la capa central interna (1) es de 3 μm , y el índice de refracción relativo n_1 de la capa central interna (1) es -0,01 %; el radio R_2 de la capa central externa (2) es de 6 μm , y el índice de refracción relativo n_2 de la capa central externa (2) es -0,008 %; la capa central apenas está dopada con germanio y es una capa de vidrio de sílice dopada con flúor y un óxido de metal alcalino;
- 55 la capa de revestimiento comprende una capa de revestimiento deprimida (3) y una capa de revestimiento externa (4) que están dispuestas en secuencia desde el interior hacia el exterior; el radio R_3 de la capa de revestimiento deprimida (3) es de 49 μm , el índice de refracción relativo n_3 de la capa de revestimiento hundida (3) es -0,24 %; el radio R_4 de la capa de revestimiento externa (4) es de 62,5 μm , y la capa de revestimiento externa (4) es una capa de vidrio de sílice pura; el índice de refracción contributivo del germanio en la capa central interna (1) a la capa central interna (1) es 0,06 %, y el índice de refracción contributivo del flúor en la capa central interna (1) a la capa central interna (1) es -0,07 %; el índice de refracción contributivo del germanio en la capa central externa (2) a la capa central externa (2) es 0,03 %, y el índice de refracción contributivo del flúor en la capa central externa (2) a la capa central externa (2) es -0,038 %; un coeficiente de atenuación de la fibra óptica monomodo a una longitud de onda de 1550 nm es de 0,155dB/km.
- 60 8. La fibra óptica monomodo con pérdida ultrabaja y una gran área efectiva según la reivindicación 7, en donde el contenido de iones de metales alcalinos en la capa central es de 5 a 1000 ppm.
- 65 9. La fibra óptica monomodo con pérdida ultrabaja y una gran área efectiva según la reivindicación 7, en donde el óxido de metal alcalino es uno o más de óxido de litio, óxido de sodio, óxido de potasio, óxido de rubidio, óxido de cesio y óxido de francio.

10. La fibra óptica monomodo con pérdida ultrabaja y una gran área efectiva según la reivindicación 7, en donde un área efectiva de la fibra óptica monomodo a una longitud de onda de 1550 nm es de $133 \mu\text{m}^2$.
- 5 11. La fibra óptica monomodo con pérdida ultrabaja y una gran área efectiva según la reivindicación 7, en donde cuando la fibra óptica monomodo se enrolla una vuelta con un radio de curvatura de 10 mm, una pérdida por macroflexión a una longitud de onda de 1550 nm es de 0,38dB/km.
- 10 12. La fibra óptica monomodo con pérdida ultrabaja y una gran área efectiva según la reivindicación 7, en donde el diámetro del campo modal de la fibra monomodo a una longitud de onda de 1550 nm es de 13 μm .
- 15 13. Un método para fabricar una fibra óptica monomodo con pérdida ultrabaja y una gran área efectiva según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en donde el método comprende las siguientes etapas: usar un método de deposición química de vapor por plasma para depositar y fabricar una preforma de fibra óptica en un tubo de reacción de cuarzo, usando SiCl_4 , GeCl_4 , y C_2F_6 como materia prima para la preforma de fibra óptica, preparar un perfil diseñado de la preforma de fibra óptica cambiando el caudal y la relación del flujo de gas, así como la velocidad de movimiento de la zona de reacción y el número de deposiciones durante el proceso de producción, a continuación, añadir una cierta concentración del óxido de metal alcalino durante el proceso de formación de la preforma, al mismo tiempo, añadir oxígeno para que la reacción elimine el agua, finalmente fundir la preforma a alta temperatura para obtener una preforma de fibra óptica dopada con metal alcalino, y a continuación, someter la preforma de fibra óptica dopada con metal alcalino a un proceso de estirado.
- 20 14. El método para fabricar la fibra óptica monomodo con pérdida ultrabaja y una gran área efectiva según la reivindicación 13, en donde la temperatura para estirar la preforma de fibra óptica es de 1800 a 2000 °C.

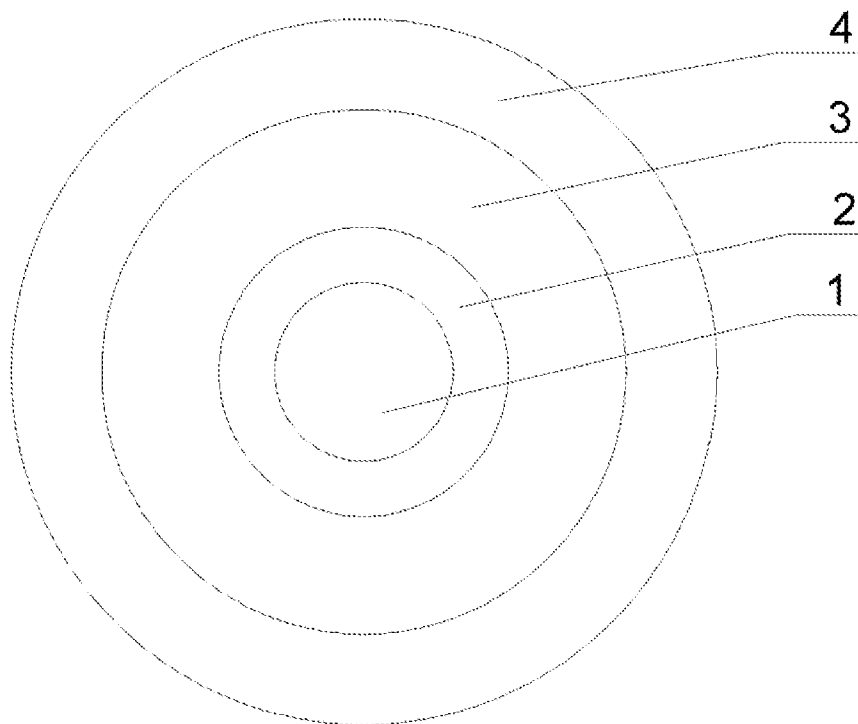


Fig. 1

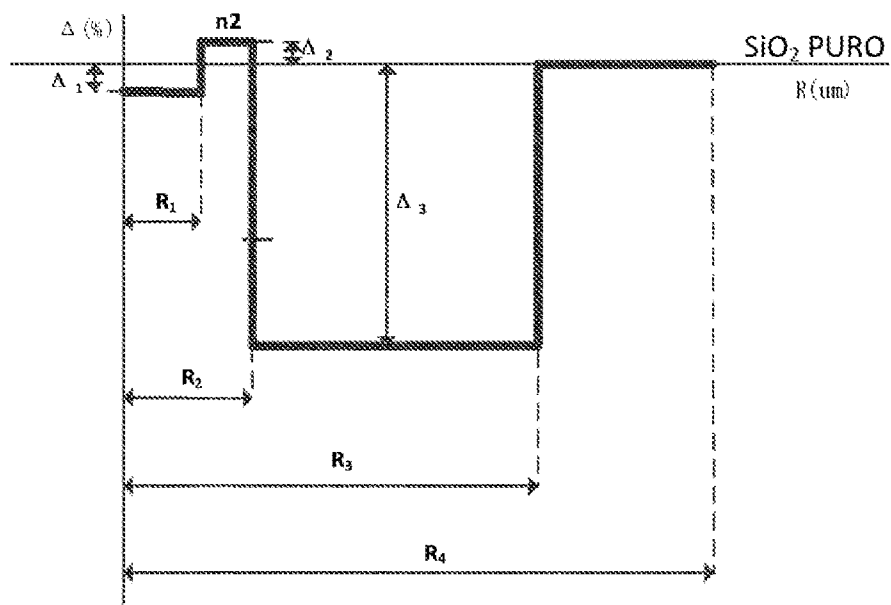


Fig. 2