

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 851 394**

51 Int. Cl.:

G02B 6/024 (2006.01)

C03B 37/012 (2006.01)

C03C 25/1065 (2008.01)

G02B 6/02 (2006.01)

G02B 6/028 (2006.01)

G02B 6/036 (2006.01)

G02F 1/01 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.11.2015 PCT/CN2015/093683**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.07.2016 WO16110153**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.11.2015 E 15876653 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.12.2020 EP 3141937**

54 Título: **Fibra óptica mantenedora de la polarización de diámetro pequeño**

30 Prioridad:

07.01.2015 CN 201510005831

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

06.09.2021

73 Titular/es:

**FIBERHOME TELECOMMUNICATION
TECHNOLOGIES CO., LTD (50.0%)
No. 5 Dongxin Road Guandong Science and
Technology Park East Lake Development Zone
Wuhan, Hubei 430074, CN y
WUHAN FIBERHOME RUIGUANG TECHNOLOGY
CO., LTD (50.0%)**

72 Inventor/es:

**LUO, WENYONG;
LIU, ZHIJIAN;
KE, YILI;
MO, QI;
HU, FUMING;
LEI, QIONG;
KANG, ZHIWEN;
DAN, RONG y
ZHAO, LEI**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 851 394 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 mantenedora de la polarización de diámetro pequeño

5 Campo técnico

La presente invención se refiere al campo de la fibra óptica especial, particularmente, a una fibra óptica mantenedora de la polarización de pequeño diámetro.

10 Antecedentes de la técnica

El documento CN 103 018 821 A desvela una fibra óptica mantenedora de la polarización con un radio de curvatura pequeño y un método de fabricación de la fibra óptica mantenedora de la polarización y se refiere al campo de la fabricación de fibra óptica. La fibra óptica mantenedora de la polarización comprende un revestimiento de sílice, una capa de núcleo, un segundo anillo de revestimiento de sílice, un tercer anillo de revestimiento de sílice dopado con flúor y dos ojos de gato de tensión que están dispuestos secuencialmente en el revestimiento de sílice de adentro hacia afuera, y los dos ojos de gato de tensión están en simetría central con la capa de núcleo. Mediante el método de fabricación, el radio de curvatura de la fibra óptica mantenedora de la polarización fabricada es inferior a 5 mm, la longitud de onda de funcionamiento de la fibra óptica mantenedora de la polarización es de 1550 nm y el deterioro suplementario de la fibra óptica mantenedora de la polarización es inferior a 0,4 dB/km.

La PMF (fibra óptica mantenedora de la polarización) es un tipo de fibra óptica especial que realiza la característica de transmisión monomodo de la luz mientras mantiene su estado de polarización lineal. Dado que la PMF tiene el efecto de la birrefringencia de tensión, por lo tanto, la PMF puede mantener bien el estado de polarización cuando transmite luz polarizada linealmente. La capacidad mantenedora de la polarización lineal de la PMF es de utilidad en muchas aplicaciones que dependen de la polarización (como las comunicaciones coherentes multiplexadas multidimensionales, la tecnología giroscópica de fibra óptica, la tecnología de inductancia mutua de corriente, los hidrófonos de fibra óptica y la detección de polarización).

30 Cuando se utiliza la PMF en el giróscopo de fibra óptica, la PMF se enrollará en un anillo de fibra óptica para la aplicación. El anillo de fibra óptica es el componente de núcleo del giróscopo de fibra óptica, el rendimiento del anillo de fibra óptica determina directamente el rendimiento del giróscopo de fibra óptica, la longitud de la fibra óptica en el anillo de fibra óptica determina la precisión del giróscopo de fibra óptica, y el rendimiento de la fibra óptica en sí determina el rendimiento de la adaptabilidad ambiental del giróscopo de fibra óptica. El uso del ambiente y el proceso de giróscopo de fibra óptica que adopta la PMF no son los mismos que la fibra óptica de comunicación general, la clave del giróscopo de fibra óptica que adopta la PMF se centra en los indicadores de rendimiento de la fibra óptica, como adaptabilidad mecánica, polarización óptica y ambiental (principalmente incluyendo diafonía a temperatura ambiente, diafonía a temperatura completa, pérdida de temperatura normal, cambio de pérdida adicional de temperatura completa, diámetro del campo modal, duración de batido, detección de tensión, diámetro del revestimiento, diámetro del recubrimiento, etc.).

Las categorías de PMF incluyen principalmente la fibra óptica mantenedora de la polarización de birrefringencia geométrica y la fibra óptica mantenedora de la polarización de birrefringencia de tensión. La fibra óptica mantenedora de la polarización de birrefringencia geométrica es principalmente una fibra óptica mantenedora de la polarización de núcleo elíptico, cuando se utiliza la fibra óptica mantenedora de la polarización de birrefringencia geométrica, utiliza la asimetría geométrica del núcleo para realizar el efecto birrefringente para controlar el estado de la polarización lineal de la luz. La fibra óptica mantenedora de la polarización de birrefringencia de tensión incluye principalmente la fibra óptica mantenedora de la polarización de tipo lazo, la fibra óptica mantenedora de la polarización de tipo revestimiento elíptico y la fibra óptica mantenedora de la polarización de tipo Panda; cuando se utiliza la fibra óptica mantenedora de la polarización de birrefringencia, el material cuyo coeficiente de expansión tiene una gran diferencia con el material del revestimiento se introduce en el revestimiento para formar la zona de tensión, el efecto de birrefringencia se logra comprimiendo el campo modal de la luz transmitida por el núcleo por tensión para mantener las propiedades de la polarización lineal de la luz.

55 Dado que se ha introducido con éxito la fibra óptica mantenedora de la polarización de tipo Panda, impulsada por los requisitos técnicos del giróscopo de fibra óptica, la evolución del diámetro del revestimiento/diámetro del recubrimiento de la fibra óptica mantenedora de la polarización de tipo Panda es de 200 mm/400 mm, 125 mm/245 mm y 80 mm/165 mm. Cuando el diámetro del revestimiento de la fibra óptica mantenedora de la polarización de tipo Panda es de 80 mm, su diámetro de recubrimiento puede ser tan pequeño como unos 165 mm, en comparación con la fibra óptica convencional de 125 mm/245 mm, el diámetro del recubrimiento (165 mm) de la fibra óptica mantenedora de la polarización de tipo Panda de 80 mm/165 mm se reduce en más del 30 %, el volumen se reduce en más del 50 %.

65 En resumen, el giróscopo de fibra óptica tiene una dimensión general menor cuando la fibra óptica mantenedora de la polarización de tipo Panda de 80 mm/165 mm que actúa como su anillo de fibra óptica, y a continuación, trae una serie de beneficios para la aplicación del giróscopo de fibra óptica, entre los cuales, el efecto de mejorar el rendimiento de temperatura del anillo de fibra óptica es el más notable. Sin embargo, con el desarrollo adicional de la tecnología

giroscópica de fibra óptica y el desarrollo y aplicación de la tecnología de inductancia mutua de corriente para redes inteligentes, el anillo de fibra óptica necesita un mejor rendimiento de temperatura y un tamaño más pequeño.

5 Ante este nuevo requisito, es necesario desarrollar una fibra óptica mantenedora de la polarización de menor dimensión total; convencionalmente, el método de reducción de la dimensión total de la fibra óptica mantenedora de la polarización es generalmente simplemente reducir el diámetro de la fibra directamente. Sin embargo, debido al diámetro más pequeño y al recubrimiento más delgado de la fibra óptica, además, conduce a un rompecabezas de que la fibra óptica tiene una menor resistencia a las interferencias externas, por lo que el método tradicional de reducción de la dimensión general de la fibra óptica mantenedora de la polarización es difícil de aplicar al giróscopo de fibra óptica con una demanda de alta precisión.

10 Por lo tanto, el problema urgente de muchas técnicas de aplicación, como el giróscopo de fibra óptica, el inductor mutuo de alto rendimiento, es cómo desarrollar una fibra óptica mantenedora de la polarización que no solo tiene un buen rendimiento de fusión con la fibra óptica de comunicación convencional y la fibra óptica mantenedora de la polarización, sino que también tiene un volumen mucho menor, y también tiene excelentes propiedades de geometría y ópticas.

15 Es bien conocido que cuando hay una perturbación de temperatura variable en el tiempo de una sección de fibra óptica en un anillo de fibra óptica, dos ondas de luz retropropagantes pasan a través de la fibra óptica en diferentes momentos y experimentan diferentes cambios de fase debido a alteraciones de temperatura, este cambio de fase es un cambio de fase no recíproco (es decir, el efecto Shupe) causado por la temperatura ambiente. El error de medición del giróscopo de fibra óptica causado por el efecto Shupe se conoce como error de Shupe. La tasa de cambio de temperatura de cierta sección de fibra óptica generalmente es causada por el gradiente de temperatura de los lados interno y externo del anillo de fibra óptica causado por la temperatura ambiente, la sensibilidad a la tasa de temperatura que caracteriza el error de Shupe también se denomina sensibilidad al gradiente de temperatura. La deriva de desplazamiento del giróscopo de fibra óptica causada por la temperatura ambiente está causada por la tasa de cambio de temperatura, dado que el error de Shupe no se distingue del cambio de fase del efecto Sagnac causado por la rotación, es necesario tomar medidas para suprimir la deriva térmica del giróscopo de fibra óptica.

20 Ahora, el método para suprimir la deriva de temperatura del giróscopo de fibra óptica es el siguiente: el anillo de fibra óptica se enrolla mediante un método de bobinado simétrico, como cuadripolo u octupolo, y así sucesivamente, el orden de los dos pares adyacentes de capas de fibra óptica es opuesto para compensar el gradiente del campo de temperatura radial. Este método es muy eficaz para suprimir el error de Shupe en el giróscopo de fibra óptica, pero debido a las limitaciones del equipo de proceso, el estado del bobinado del anillo de fibra óptica todavía no es ideal, en aplicaciones de giróscopo de fibra óptica de media y alta precisión, la variación de la temperatura residual sigue siendo no despreciable.

25 La fibra óptica mantenedora de la polarización de diámetro pequeño puede suprimir la variación de temperatura del giróscopo de fibra óptica, y el diámetro del revestimiento de la fibra óptica mantenedora de la polarización de diámetro pequeño es de 80 mm o menos, y el diámetro del recubrimiento varía de 90 mm a 140 mm. En comparación con la fibra óptica mantenedora de la polarización con 80/165 mm (diámetro del revestimiento/diámetro del recubrimiento), el rendimiento de flexión de la fibra óptica mantenedora de la polarización de diámetro pequeño es mejor; La misma longitud de la fibra óptica se puede enrollar en un anillo de menor tamaño, mientras que el número de capas en la estructura del giróscopo también se reduce, la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior del anillo de fibra óptica disminuye, lo que puede suprimir eficazmente el error de Shupe del giróscopo de fibra óptica y mejorar el rendimiento de temperatura total del giróscopo de fibra óptica. Al mismo tiempo, en cuanto al giróscopo de fibra óptica con determinadas dimensiones geométricas, mediante el uso de fibra óptica mantenedora de la polarización de diámetro pequeño, se puede enrollar un anillo de fibra óptica más largo, la precisión límite del giróscopo de fibra óptica se puede mejorar en gran medida en la misma dimensión, y se pueden cumplir los requisitos de aplicación de miniaturización del giróscopo de fibra óptica de precisión media y alta.

30 Sin embargo, con la reducción continua de la dimensión geométrica de la fibra óptica, cómo reducir el diámetro del revestimiento y el diámetro del recubrimiento de la fibra óptica mientras se mantiene el excelente rendimiento de la fibra óptica mantenedora de la polarización se ha convertido en un problema importante en el diseño y el proceso de fabricación de la fibra óptica.

Sumario de la invención

35 En vista de estos inconvenientes de los métodos de la técnica anterior, la presente invención tiene como objetivo proporcionar una especie de fibra óptica mantenedora de la polarización de diámetro pequeño, que no solo tiene excelentes características de estabilidad de atenuación y diafonía, sino que también tiene la característica de excelente estabilidad de operación a largo plazo, y puede proporcionar un mejor anillo de fibra óptica para la investigación en un giróscopo de fibra óptica de alta precisión, sentando así las bases para las direcciones del desarrollo de la miniaturización y alta precisión del giróscopo de fibra óptica.

40 Para lograr los objetos anteriores, la presente invención proporciona una fibra óptica mantenedora de la polarización

de pequeño diámetro según la reivindicación 1.

Basado en el esquema técnico mencionado anteriormente, el diámetro de la capa de núcleo de fibra óptica es d_0 , el diámetro de la capa tampón (*buffer*) es d_B , el diámetro de la fibra óptica de cuarzo es d_Q , el diámetro de la zona de tensión es dsz ; la relación de d_0 y d_Q es de 0,05 a 0,08, la relación de d_B y dsz es de 1,0 a 1,2, la relación de dsz y d_Q es de 0,2 a 0,4.

Basado en el esquema técnico mencionado anteriormente, el diámetro del recubrimiento interior es d_{IC} , el diámetro del recubrimiento tampón es d_{BC} , el diámetro del recubrimiento exterior es doc , la relación de d_{IC} y doc es de 0,65 a 0,85, la relación de d_{BC} y doc es de 0,75 a 0,9.

Basado en el esquema técnico mencionado anteriormente, el diámetro d_Q de la fibra óptica de cuarzo es de 50 mm u 80 mm.

La invención proporciona un método para fabricar la fibra óptica mantenedora de la polarización de pequeño diámetro según cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en donde, al producir el recubrimiento interior, el recubrimiento tampón y el recubrimiento exterior, el recubrimiento interior se recubre con un solo molde y se cura con rayos ultravioleta, a continuación, el recubrimiento tampón y el recubrimiento exterior se recubren simultáneamente con moldes dobles, y finalmente el recubrimiento tampón y el recubrimiento exterior se curan simultáneamente mediante rayos ultravioleta.

En las realizaciones de la presente invención, la fórmula para calcular la diferencia relativa del índice de refracción es: $\Delta = (n_R - n_Q)/(n_R + n_Q) \cdot 100 \%$, en donde Δ es la diferencia relativa del índice de refracción; al calcular la diferencia relativa del índice de refracción de la capa de núcleo de fibra óptica y el revestimiento de cuarzo, n_R en la fórmula anterior es n_0 ; al calcular la diferencia relativa del índice de refracción de la capa tampón y el revestimiento de cuarzo, n_R en la fórmula anterior es n_B ; al calcular la diferencia relativa del índice de refracción de la periferia de la zona de tensión y el revestimiento de cuarzo, n_R en la fórmula anterior es $nszP$; y al calcular la diferencia relativa del índice de refracción del centro de la zona de tensión y el revestimiento de cuarzo, n_R en la fórmula anterior es $nszC$;

Basado en el esquema técnico mencionado anteriormente, la capa de núcleo de fibra óptica se prepara mediante dopaje con germanio, y la capa tampón se prepara mediante dopaje con boro poco profundo y la zona de tensión se prepara mediante dopaje con boro profundo.

En comparación con la técnica anterior, la ventaja de la presente invención es que:

(1) la presente invención diseña una nueva estructura de guía de onda de fibra óptica mantenedora de la polarización, y se proporciona una capa tampón alrededor de la zona de tensión de la fibra óptica mantenedora de la polarización, la zona de tensión adopta una estructura de guía de onda parabólica plana, el área del núcleo es una estructura de guía de onda de tipo plataforma combinada parabólica. Por lo tanto, la presente invención puede resolver el problema de la gran atenuación debido a la gran proporción de la zona de tensión en toda el área de cuarzo en el caso de que el diámetro del revestimiento de la fibra óptica disminuya.

Al mismo tiempo, la invención tiene un recubrimiento tampón fino entre el recubrimiento interior convencional y el recubrimiento exterior, por tanto, puede resolver eficazmente el difícil problema del excelente control de la diafonía de la fibra óptica mantenedora de la polarización debido a la reducción del recubrimiento en el caso de un recubrimiento fino. En resumen, la presente invención proporciona una base para la reducción adicional del diámetro de la fibra óptica mantenedora de la polarización a través del diseño de doble tampón de la capa tampón y el recubrimiento tampón, en la presente invención, la fibra óptica mantenedora de la polarización de diámetro pequeño con diseño de tampón doble no solo tiene excelentes características de estabilidad de atenuación y diafonía, sino que también tiene la característica de excelente estabilidad de operación a largo plazo, y puede proporcionar un mejor anillo de fibra óptica para la investigación en un giróscopo de fibra óptica de alta precisión, sentando así las bases para las direcciones del desarrollo de la miniaturización y alta precisión del giróscopo de fibra óptica.

(2) Para realizar bien el recubrimiento interior, recubrimiento tampón y el recubrimiento exterior (puede percibirse como un recubrimiento tipo sándwich), La presente invención desarrolla una nueva tecnología de recubrimiento de seco más húmedo más húmedo, es decir, el recubrimiento interior es un recubrimiento de un solo molde, y el recubrimiento tampón y el recubrimiento exterior se recubren simultáneamente con moldes dobles, de modo que se pueda lograr un buen curado de la fibra óptica utilizando dos técnicas de curado de recubrimiento en el caso de que la fibra óptica tenga una estructura de recubrimiento de tres capas, lo que proporciona una técnica factible para el desarrollo de la fibra óptica mantenedora de la polarización con características de excelente atenuación y diafonía.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es una vista estructural esquemática de la cara de extremo de cuarzo de la fibra óptica mantenedora de la polarización de pequeño diámetro en una realización de la presente invención;

La figura 2 es una vista estructural esquemática del de la cara de extremo de recubrimiento de la fibra óptica mantenedora de la polarización de pequeño diámetro en una realización de la presente invención;

La figura 3 es la vista esquemática de la estructura de la guía de onda con la zona de tensión de la fibra óptica mantenedora de la polarización de pequeño diámetro en una realización de la presente invención;

La figura 4 es un gráfico de tendencia que muestra la curva característica de estabilidad de la atenuación de la fibra óptica bajo la condición de envejecimiento a largo plazo de la fibra óptica mantenedora de la polarización de diámetro pequeño en una realización de la presente invención;

La figura 5 es un gráfico de tendencia que muestra la curva característica de estabilidad de la diafonía de fibra óptica bajo la condición de envejecimiento a largo plazo de la fibra óptica mantenedora de la polarización de diámetro pequeño en una realización de la presente invención.

En las figuras: 1-capa de núcleo de fibra óptica, 2-revestimiento de cuarzo, 3-capa tampón, 4-zona de tensión, 5-fibra óptica de cuarzo, 6-recubrimiento interior, 7-recubrimiento tampón y 8-recubrimiento exterior.

Descripción detallada de la invención

La invención se describirá ahora con más detalle con referencia a los dibujos y ejemplos adjuntos.

Con referencia a las figuras 1 y 2, la fibra óptica mantenedora de la polarización de pequeño diámetro de una realización de la presente invención comprende fibra óptica de cuarzo 5, el interior de la fibra óptica de cuarzo 5 está provisto de una capa de núcleo 1 de la fibra óptica y un revestimiento de cuarzo 2, y el revestimiento de cuarzo 2 está ubicado en la periferia de la capa de núcleo 1 de la fibra óptica. Se proporcionan dos zonas de tensión 4 en el revestimiento de cuarzo 2, las dos zonas de tensión 4 están distribuidas simétricamente a lo largo del centro de la capa de núcleo 1 de la fibra óptica, la periferia de cada zona de tensión 4 está provista de una capa tampón 3 que es concéntrica con la zona de tensión 4. La periferia de la fibra óptica de cuarzo 5 está provista de un recubrimiento interior 6 y un recubrimiento exterior 8, el recubrimiento tampón 7 se proporciona entre el recubrimiento interior 6 y el recubrimiento exterior 8.

El índice de refracción de la capa de núcleo 1 de la fibra óptica es n_O , el índice de refracción de la capa tampón 3 es n_B , el índice de refracción del revestimiento de cuarzo 2 es n_Q ; el índice de refracción de la zona de tensión 4 es n_{SZ} , el índice de refracción de la periferia de la zona de tensión 4 es n_{SZP} , el índice de refracción del centro de la zona de tensión 4 es n_{SZC} .

En las realizaciones de la presente invención, la fórmula para calcular la diferencia relativa del índice de refracción de la fibra óptica mantenedora de la polarización de diámetro pequeño es: $\Delta = (n_R - n_Q)/(n_R + n_Q) \cdot 100 \%$, en donde Δ es la diferencia relativa del índice de refracción; al calcular la diferencia relativa del índice de refracción de la capa de núcleo 1 de fibra óptica y el revestimiento de cuarzo 2, n_R en la fórmula anterior es n_O ; al calcular la diferencia relativa del índice de refracción de la capa tampón 3 y el revestimiento de cuarzo 2, n_R en la fórmula anterior es n_B ; al calcular la diferencia relativa del índice de refracción de la periferia de la zona de tensión 4 y el revestimiento de cuarzo 2, n_R en la fórmula anterior es n_{SZP} ; al calcular la diferencia relativa del índice de refracción del centro de la zona de tensión 4 y el revestimiento de cuarzo 2, n_R en la fórmula anterior es n_{SZC} .

Con referencia a la Figura 3, la estructura de guía de onda de la capa de núcleo 1 de la fibra óptica es una estructura de guía de onda escalonada, la capa de núcleo de fibra óptica 1 se prepara mediante dopaje con germanio, y la diferencia relativa del índice de refracción Δn_O de n_O y n_Q es del 0,5 % al 1,3 %. La capa tampón 3 se prepara mediante dopaje superficial con boro y la diferencia relativa del índice de refracción Δn_B de n_B y n_Q es del -0,1 % al -0,85 %. La zona de tensión 4 se prepara mediante dopaje profundo con boro, la diferencia relativa del índice de refracción Δn_{SZP} de n_{SZP} y n_Q es del -0,1 % al -0,4 %, la diferencia relativa del índice de refracción Δn_{SZC} de n_{SZC} y n_Q es del -1,2 % al -0,8 %.

El diámetro de la capa de núcleo de fibra óptica 1 es d_O , el diámetro de la capa tampón 3 es d_B , el diámetro de la fibra óptica de cuarzo 5 (es decir, revestimiento de cuarzo 2) es d_Q , el diámetro de la zona de tensión 4 es d_{SZ} ; la relación de d_O y d_Q es de 0,05 a 0,08, la relación de d_B y d_{SZ} es de 1,0 a 1,2, la relación de d_{SZ} y d_Q es de 0,2 a 0,4.

En las realizaciones de la presente invención, el diámetro d_Q de la fibra óptica de cuarzo 5 es de 50 mm u 80 mm, el diámetro del recubrimiento interior 6 es d_{IC} , el diámetro del recubrimiento tampón 7 es d_{BC} , el diámetro d_{OC} del recubrimiento exterior 8 está en un intervalo de 90 mm a 140 mm. La relación de d_{IC} y d_{OC} es de 0,65 a 0,85, y la relación de d_{BC} y d_{OC} es de 0,75 a 0,9.

El módulo de Young del recubrimiento tampón 7 está entre el recubrimiento interior 6 y el recubrimiento exterior 8, el módulo de Young del recubrimiento interior 6 es de 0,05 MPa a 20 MPa, y el módulo de Young del recubrimiento exterior 8 es de 0,5 GPa a 1,5 GPa, el módulo de Young del recubrimiento tampón 7 es de 0,1 MPa a 600 MPa.

El recubrimiento interior 6, el recubrimiento tampón 7 y el recubrimiento exterior 8 están formados cada uno por curado ultravioleta, específicamente: el recubrimiento interior 6 se recubre con un solo molde y se cura con rayos ultravioleta, a continuación, el recubrimiento tampón 7 y el recubrimiento exterior 8 se recubren simultáneamente con moldes dobles, y finalmente el recubrimiento tampón 7 y el recubrimiento exterior 8 se curan simultáneamente mediante rayos ultravioleta, logrando así un curado especial de recubrimiento seco más húmedo más húmedo.

5 En las realizaciones de la presente invención, cuando la longitud de onda de trabajo de la fibra óptica mantenedora de la polarización de diámetro pequeño es de 1310 nm, su atenuación es inferior a 0,5 dB/km y su diafonía es de -32 dB/km o inferior; cuando la longitud de onda de trabajo de la fibra óptica mantenedora de la polarización de diámetro pequeño es de 1550 nm, su atenuación es inferior a 0,4 dB/km y su diafonía es de -25 dB/km o inferior.

10 El principio de fabricación de la fibra óptica mantenedora de la polarización de pequeño diámetro en las realizaciones de la presente invención es el siguiente:
cuando Δn_O es más grande, el diámetro del campo de modo se puede controlar más pequeño, la resistencia a la flexión de la fibra óptica mantenedora de la polarización será más fuerte, cuando Δn_O es más pequeño, la atenuación de la fibra óptica mantenedora de la polarización será mejor, mientras que el diámetro del campo modal será mayor, la resistencia a la flexión de la fibra óptica mantenedora de la polarización será más débil.

15 El n_B , n_O y n_{SZC} debe coincidir, Cuando n_O es mayor, y el n_{SZC} es más grande, el valor de n_B puede ser más grande, en este punto, la fibra óptica mantenedora de la polarización debe tener una menor capacidad amortiguadora; cuando el valor más grande de n_O es más pequeño y el valor más bajo de n_4 es más pequeño, el valor de n_3 puede ser más pequeño, en este punto, la fibra óptica mantenedora de la polarización debe tener una mayor capacidad amortiguadora.

20 El Δn_{SZP} y Δn_{SZC} puede controlar el intervalo del índice de refracción, logrando así un buen control de la diafonía y de la longitud de batido bajo la condición de la fibra óptica mantenedora de la polarización.

25 La relación de diámetro específico de la presente invención puede realizar un buen diámetro de campo modal, la longitud de onda de corte y el rendimiento de la fibra óptica controlan la diafonía y la longitud de batido de la fibra óptica mantenedora de la polarización.

La descripción detallada de la fibra óptica mantenedora de la polarización de pequeño diámetro de la presente invención se lleva a cabo mediante las 2 realizaciones a continuación.

30 Realización 1: cuatro tipos de fibra óptica mantenedora de la polarización de diámetro pequeño con el diámetro d_O de la fibra óptica de cuarzo 5 es de 80 mm: fibra óptica 1, fibra óptica 2, fibra óptica 3, fibra óptica 4, los parámetros específicos de la fibra óptica 1, fibra óptica 2, fibra óptica 3 y fibra óptica 4 se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1, Tabla de parámetros de cuatro tipos de fibra óptica mantenedora de la polarización de diámetro pequeño cuando d_O es de 80 mm

Nombre del parámetro	fibra óptica 1	fibra óptica 2	fibra óptica 3	fibra óptica 4
d_O/d_Q	0,05	0,06	0,07	0,08
Δn_O	1,2 %	0,8 %	1,3 %	0,50 %
d_B/d_{SZ}	1,0	1,1	1,2	1,05
Δn_B	-0,3 %	-0,85 %	-0,4 %	-0,1 %
d_{SZ}/d_Q	0,2	0,35	0,4	0,25
Δn_{SZC}	-0,9 %	-1,05 %	-1,2 %	-0,8 %
Δn_{SZP}	-0,3 %	-0,85 %	-0,4 %	-0,1 %
doc (mm)	120	135	140	125
d_{IC}/d_{OC}	0,65	0,85	0,75	0,7
d_{BC}/d_{OC}	0,75	0,8	0,9	0,85
Módulo de Young de recubrimiento interior 6 (MPa)	0,05	0,1	0,5	20
Módulo de Young de recubrimiento tampón 7 (MPa)	250	0,1	10	600
Módulo de Young de recubrimiento exterior 8 (MPa)	1,5	0,8	0,5	1,0
longitud de onda de trabajo	1310	1310	1550	1550
atenuación dB/km	0,43	0,32	0,28	0,35
diafonía dB/km	-32	-35	-30	-27

Realización 2: cuatro tipos de fibra óptica de mantenimiento de la polarización de diámetro pequeño con el diámetro d_Q de la fibra óptica de cuarzo 5 es de 50 mm: fibra óptica 5, fibra óptica 6, fibra óptica 7, fibra óptica 8, los parámetros específicos de la fibra óptica 5, fibra óptica 6, fibra óptica 7 y fibra óptica 8 se muestran en la Tabla 2.

5

Tabla 2, Tabla de parámetros de cuatro tipos de fibra óptica de mantenimiento de la polarización de diámetro pequeño cuando d_Q es de 50 mm

Nombre del parámetro	fibra óptica 5	fibra óptica 6	fibra óptica 7	fibra óptica 8
d_O/d_Q	0,06	0,05	0,07	0,08
Δn_O	1,3 %	0,5 %	0,8 %	1,2
d_B/d_{SZ}	1,1	1,0	1,05	1,2
Δn_B	-0,3 %	-0,85 %	-0,4 %	-0,1 %
d_{SZ}/d_Q	0,25	0,4	0,35	0,2
Δn_{SZC}	-0,8 %	-1,05 %	-1,2 %	-0,9 %
Δn_{SZP}	-0,1 %	-0,85 %	-0,4 %	-0,3 %
doc (mm)	90	105	135	110
d_{IC}/d_{OC}	0,65	0,75	0,8	0,7
d_{BC}/d_{OC}	0,75	0,9	0,8	0,85
Módulo de Young de recubrimiento interior 6 (MPa)	20	0,5	0,2	0,05
Módulo de Young de recubrimiento tampón 7 (MPa)	250	10	0,2	600
Módulo de Young de recubrimiento exterior 8 (MPa)	1	0,8	0,5	1,5
longitud de onda de trabajo	1310	1310	1550	1550
atenuación dB/km	0,46	0,42	0,36	0,39
diafonía dB/km	-39	-35	-30	-25

Las fibras ópticas obtenidas en las realizaciones 1 y 2 se someten a una prueba de envejecimiento a largo plazo a 85 grados de temperatura alta y 85 % de humedad en la presente invención. A través de la prueba repetida de muchas muestras en el último mes, el valor teórico de las características operativas estables de la atenuación de la fibra óptica y la diafonía se obtiene bajo la condición de la fibra óptica funcionando 5 años después de muchos análisis de datos. Con referencia a la Figura 4, el aumento del coeficiente de atenuación no superará el 1,6 % de su atenuación adicional intrínseca durante 5 años en condiciones de 85 °C y 85 % de humedad. Para la fibra óptica mantenedora de la polarización con una pérdida adicional de menos de 0,05 dB al salir de fábrica, el coeficiente de atenuación de la fibra óptica mantenedora de la polarización aumenta en aproximadamente 0,0008 dB en el 5º año. Con referencia a la Figura 5, en las condiciones de temperatura 85 grados y humedad 85 %, después de 5 años, la birrefringencia de la fibra óptica se reducirá en aproximadamente un 2,6 % bajo la misma condición de tensión externa y mantendrá el equilibrio.

La presente invención no se limita a las realizaciones descritas anteriormente, y los expertos en la técnica pueden realizar modificaciones y mejoras sin apartarse del alcance de la presente invención, como se define en las reivindicaciones adjuntas. Lo que no se describe en detalle en esta memoria descriptiva pertenece al estado de la técnica conocido por los expertos en la técnica.

25

REIVINDICACIONES

1. Una fibra óptica mantenedora de la polarización de diámetro pequeño, que comprende fibra óptica de cuarzo (5), la periferia de la fibra óptica de cuarzo (5) está provista de un recubrimiento interior (6) y un recubrimiento exterior (8), el interior de la fibra óptica de cuarzo (5) está provisto de una capa de núcleo de fibra (1) y un revestimiento de cuarzo (2), el revestimiento de cuarzo (2) está situado en la periferia de la capa de núcleo de fibra óptica (1); el diámetro del revestimiento de la fibra óptica mantenedora de la polarización de pequeño diámetro es de 80 mm o menos; se proporcionan dos zonas de tensión (4) en el revestimiento de cuarzo (2), las dos zonas de tensión (4) están distribuidas simétricamente a lo largo del centro de la capa de núcleo de fibra óptica (1); el módulo de Young del recubrimiento interior (6) es de 0,05 MPa a 20 MPa, el módulo de Young del recubrimiento exterior (8) es de 0,5 GPa a 1,5 GPa; el índice de refracción de la capa de núcleo de fibra óptica (1) es n_o , el índice de refracción del revestimiento de cuarzo (2) es n_Q ; el índice de refracción de la zona de tensión (4) es n_{SZ} , el índice de refracción de la periferia de la zona de tensión (4) es n_{SZP} , el índice de refracción del centro de la zona de tensión (4) es n_{SZC} ; la diferencia relativa del índice de refracción Δn_o de n_o y n_Q es del 0,5 % al 1,3 %; la diferencia relativa del índice de refracción Δn_{SZP} de n_{SZP} y n_Q es del -0,1 % al -0,4 %, la diferencia relativa del índice de refracción Δn_{SZC} de n_{SZC} y n_Q es del -1,2 % al -0,8 %; cuando una longitud de onda de trabajo de la fibra óptica mantenedora de la polarización de diámetro pequeño es 1310 nm, su atenuación es inferior a 0,5 dB/km; cuando la longitud de onda de trabajo de la fibra óptica mantenedora de la polarización de diámetro pequeño es de 1550 nm, su atenuación es inferior a 0,4 dB/km; caracterizada por que: se proporciona un recubrimiento tampón (7) entre el recubrimiento interior (6) y el recubrimiento exterior (8), el módulo de Young del recubrimiento tampón (7) es de 0,1 MPa a 600 MPa, y el módulo de Young del recubrimiento tampón (7) está entre el revestimiento interior (6) y el revestimiento exterior (8), y la periferia de cada zona de tensión (4) está provista de una capa tampón (3) que es concéntrica con la zona de tensión (4); el índice de refracción de la capa tampón (3) es n_B ; la diferencia relativa del índice de refracción Δn_B de n_B y n_Q es del -0,1 % al -0,85 %; la diferencia relativa del índice de refracción Δn_{SZP} de n_{SZP} y n_Q es del -0,1 % al -0,4 %, la diferencia relativa del índice de refracción Δn_{SZC} de n_{SZC} y n_Q es del -1,2 % al -0,8 %; cuando una longitud de onda de trabajo de la fibra óptica mantenedora de la polarización de diámetro pequeño es 1310 nm, su diafonía es de -32 dB/km o inferior; cuando la longitud de onda de trabajo de la fibra óptica mantenedora de la polarización de diámetro pequeño es de 1550 nm, su diafonía es de -25 dB/km o inferior; y el diámetro del recubrimiento está en el intervalo de 90 mm a 140 mm.
2. La fibra óptica mantenedora de la polarización de diámetro pequeño según la reivindicación 1, caracterizada por que: el diámetro de la capa de núcleo de fibra óptica (1) es d_o , el diámetro de la capa tampón (3) es d_B , el diámetro de la fibra óptica de cuarzo (5) es d_Q , el diámetro de la zona de tensión (4) es d_{SZ} ; la relación de d_o y d_Q es de 0,05 a 0,08, la relación de d_B y d_{SZ} es de 1,0 a 1,2, la relación de d_{SZ} y d_Q es de 0,2 a 0,4.
3. La fibra óptica mantenedora de la polarización de diámetro pequeño según la reivindicación 1, caracterizada por que: el diámetro del recubrimiento interior (6) es d_{IC} , el diámetro del recubrimiento tampón (7) es d_{BC} , el diámetro del recubrimiento exterior (8) es d_{OC} , la relación de d_{IC} y d_{OC} es de 0,65 a 0,85, la relación de d_{BC} y d_{OC} es de 0,75 a 0,9.
4. La fibra óptica mantenedora de la polarización de diámetro pequeño según la reivindicación 3, caracterizada por que: el diámetro d_Q de la fibra óptica de cuarzo (5) es de 50 mm u 80 mm.
5. La fibra óptica mantenedora de la polarización de pequeño diámetro según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizada por que: la capa de núcleo de fibra óptica (1) se prepara mediante dopaje con germanio, y la capa tampón (3) se prepara mediante dopaje con boro poco profundo y la zona de tensión (4) se prepara mediante dopaje con boro profundo.
6. Un método de fabricación de la fibra óptica mantenedora de la polarización de pequeño diámetro según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que: al producir el recubrimiento interior (6), el recubrimiento tampón (7) y el recubrimiento exterior (8), el recubrimiento interior (6) se recubre con un solo molde y se cura con rayos ultravioleta, a continuación, el recubrimiento tampón (7) y el recubrimiento exterior (8) se recubren simultáneamente con un doble molde, y finalmente el recubrimiento tampón (7) y el recubrimiento exterior (8) se curan simultáneamente por rayos ultravioleta.

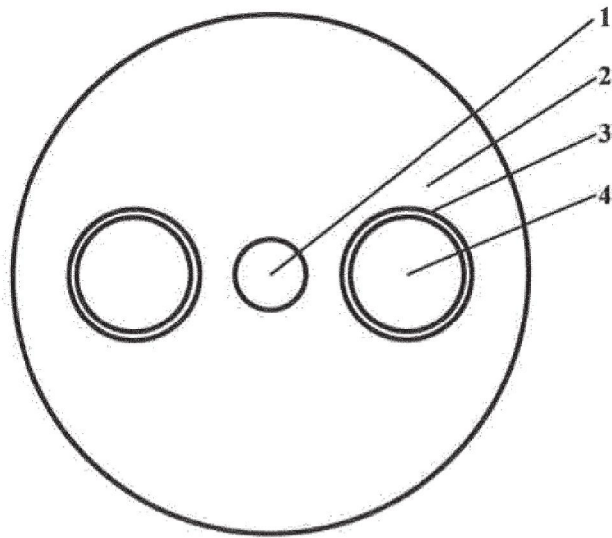


figura 1

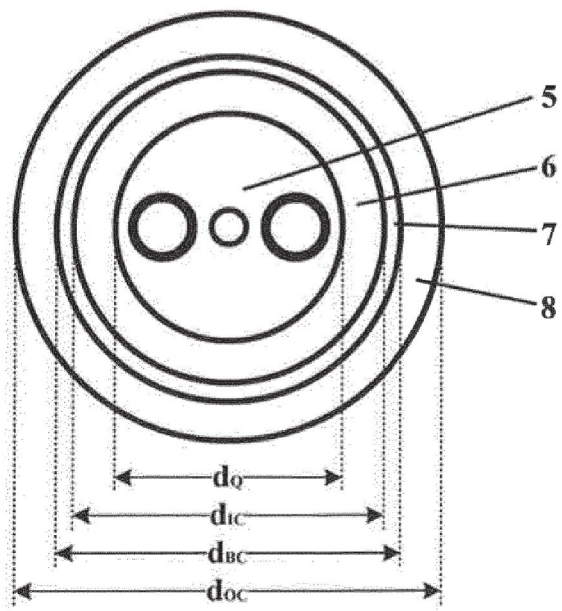


figura 2

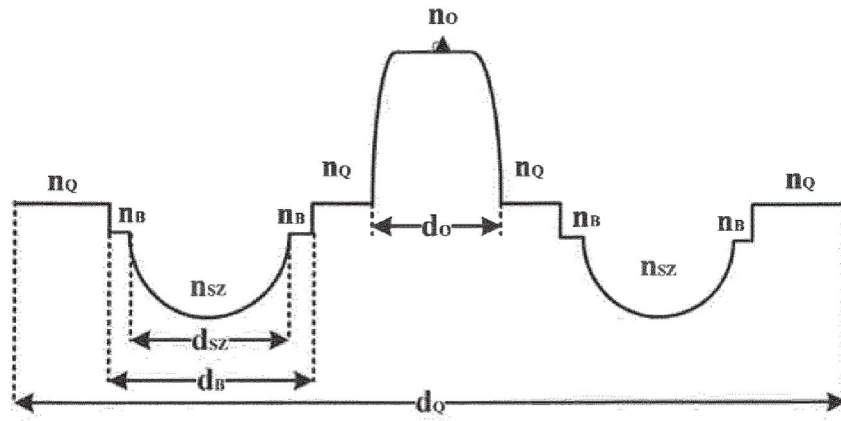


figura 3

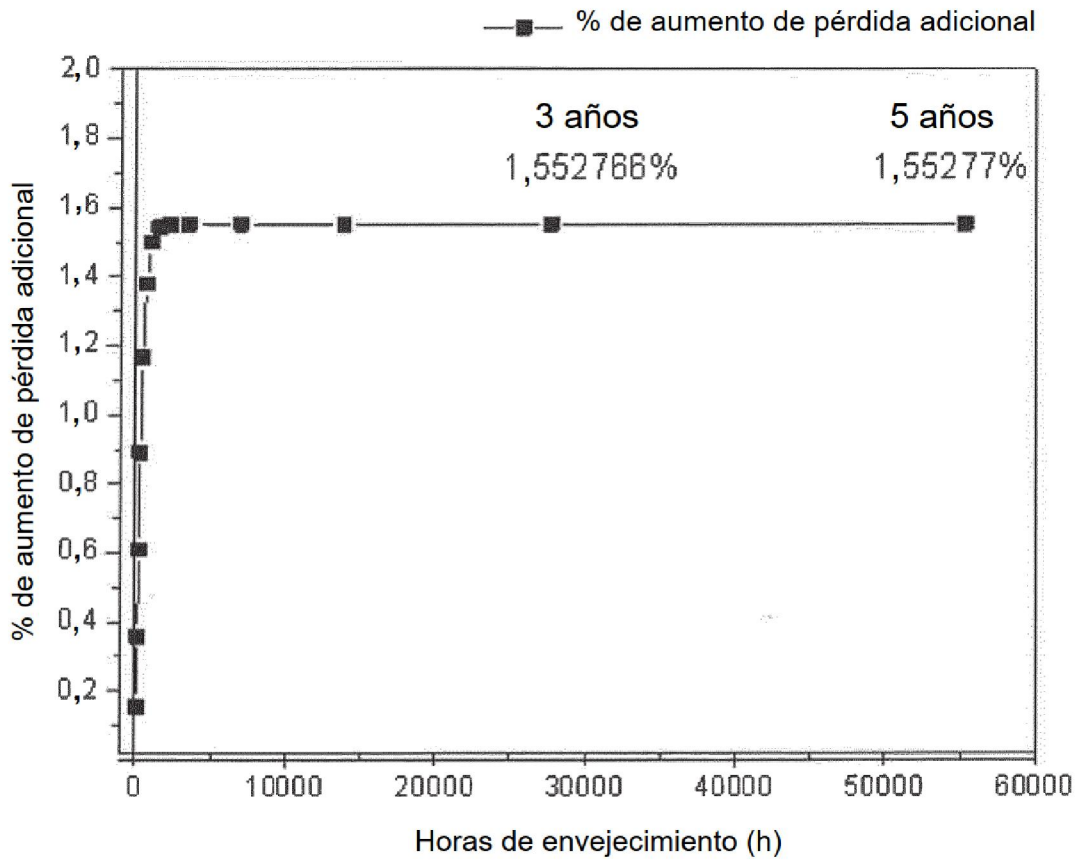


figura 4

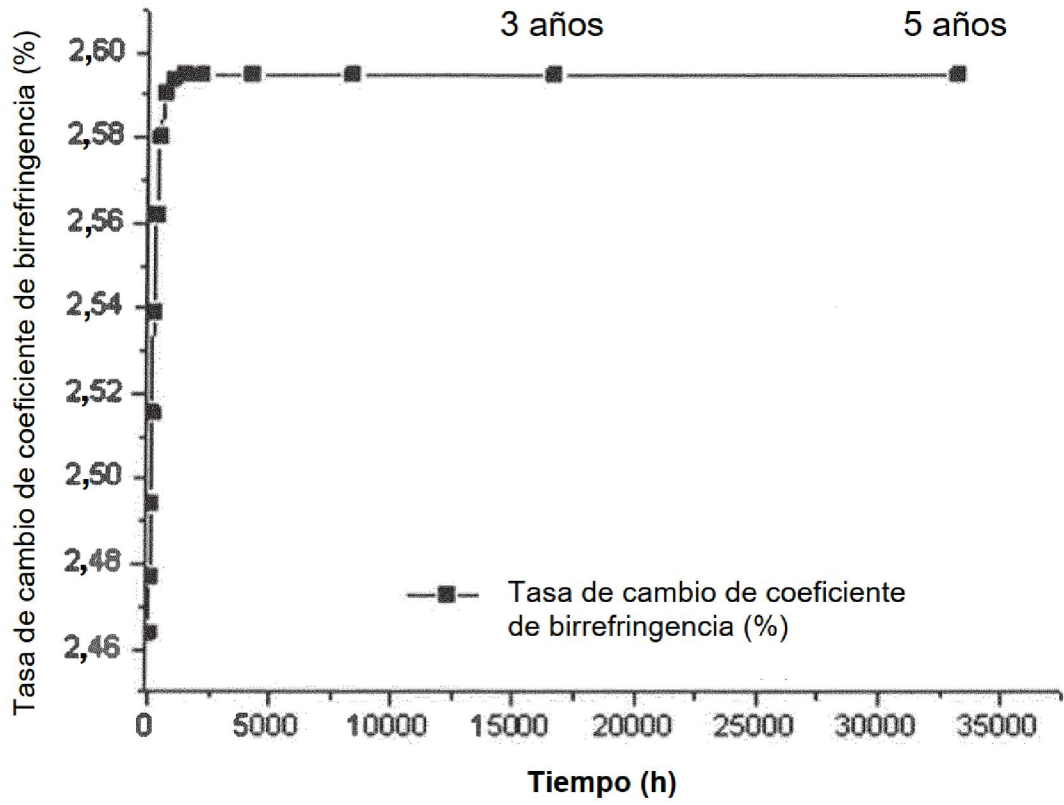


figura 5