

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 718 879**

51 Int. Cl.:

G02B 6/036 (2006.01)

G02B 6/028 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.09.2014 PCT/CN2014/087158**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.07.2015 WO15109861**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.09.2014 E 14879549 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.03.2019 EP 3098631**

54 Título: **Fibra óptica monomodo de pequeño radio de curvatura con compatibilidad**

30 Prioridad:

26.01.2014 CN 201410037490

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

05.07.2019

73 Titular/es:

**FIBERHOME TELECOMMUNICATION
TECHNOLOGIES CO. LTD (100.0%)
Guandong Science and Technology Park, No. 5
Dongxin Road, East Lake High-Tech Zone,
Wuhan City Wuhan City
Hubei 430074, CN**

72 Inventor/es:

**LUO, WENYONG;
LI, SHIYU;
CHEN, WEI;
MO, QI;
KE, YILI y
HU, FUMING**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 718 879 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 de pequeño radio de curvatura con compatibilidad

5 Campo técnico

La presente invención se refiere al campo de las fibras ópticas monomodo y, específicamente, a una fibra óptica monomodo de pequeño radio de curvatura con compatibilidad con las fibras ópticas convencionales.

10 Antecedentes de la invención

En la actualidad, la construcción de redes de comunicación ha movilizad el rápido desarrollo de la tecnología de fibra hasta el hogar (FTTH) y ODN, que presenta una alta exigencia en el rendimiento de resistencia a la flexión de las fibras ópticas. Cuando las fibras ópticas se doblan, se filtra algo de luz, lo que hace que las señales ópticas se atenúen. Materiales como el recubrimiento absorben la luz filtrada y, por lo tanto, se calientan. Los estudios han descubiert que después de funcionar durante mucho tiempo por debajo del radio de curvatura de 15 mm, un puente fabricad de fibras ópticas monomodo G.652D convencionales se destruirá entre dos puntos finales de conexión debido al calentamiento continuo, lo que llevará a la reducción continua de pérdida de empalme y a daños no recuperables. En la ODN, un gran número de fibras ópticas están dispuestas de manera doblada en un pequeño distribuidor. Como la flexión de las fibras ópticas conduce a la pérdida de potencia óptica, se produce un calentamiento. Influirá gravemente en la estabilidad de la comunicación de la ODN.

La mejora del rendimiento de resistencia a la flexión de las fibras ópticas puede ser buena no solo para garantizar la transmisión de alta calidad de las señales ópticas, sino también para reducir el valor de calentamiento general del sistema de comunicación de las fibras ópticas con el fin de promover el rendimiento general del sistema. Las principales empresas mundiales de fibras ópticas han realizado estudios en profundidad sobre los requisitos de la tecnología ODN de punto de acceso inalámbrico de las redes de comunicación en fibras ópticas resistentes a la flexión superfuertes. Las empresas nacionales de fibra óptica y cable se han centrado actualmente en los estudios técnicos de un radio de curvatura de 10 mm requerido por la ITUT-G.657 o una fibra óptica monomodo de radio de curvatura más pequeño, como la G.657B2/3.

Sin embargo, para cumplir el requisito de superficie de suelo de la construcción de redes de fibra óptica y redes 3G, la tecnología ODN exige en cambio que un gran número de dispositivos estén dispuestos en un pequeño distribuidor. Como consecuencia, se reduce el espacio para las fibras ópticas para la conexión de comunicación de alta velocidad y gran ancho de banda entre los dispositivos, y el rendimiento de flexión de las fibras ópticas debe ser mayor. Se necesitan fibras ópticas monomodo resistentes a la flexión superfuertes, cuyo radio de curvatura sea de 3 mm o incluso inferior a 2 mm, en cada vez más aplicaciones. Además, estas fibras ópticas monomodo resistentes a la flexión superfuertes deben ser adecuadamente compatibles con las fibras ópticas monomodo normales; su pérdida por fusión de un solo punto debe controlarse dentro de un intervalo pequeño aceptable.

Las fibras ópticas para FTTH realmente necesitan dos características fundamentales, una es la resistencia a la flexión, una característica fundamental para lograr un pequeño radio de curvatura y una transmisión de baja pérdida de señales ópticas, la otra es cierta compatibilidad con las fibras ópticas G.652 convencionales. Casi todas las fibras ópticas dispuestas en gran número en el extremo delantero de la red principal actual y la red de área metropolitana o incluso la red de acceso son fibras ópticas G.652. Si las fibras ópticas elegidas para la sección FTTH no pueden ser adecuadamente compatibles con las fibras ópticas G.652, a pesar de tener un alto rendimiento de flexión, puede provocarse una gran pérdida cuando se fusionan con las fibras ópticas convencionales G.652, y las señales ópticas también pueden agotarse en gran medida en la conexión de las dos fibras ópticas, por lo que se necesita una mayor ganancia óptica, o si no, las fibras ópticas G.652 seguirán usándose en el extremo FTTH. Por lo tanto, aunque ahora se han suministrado fibras ópticas resistentes a la flexión, como no pueden ser adecuadamente compatibles con las fibras ópticas convencionales G.652, no se incorporan masivamente al mercado FTTH.

A partir del documento US2007189699 se conoce una fibra óptica monomodo de pequeño radio de curvatura.

55 Sumario

Con el objetivo de superar los defectos de la técnica anterior, la presente invención proporciona una fibra óptica monomodo de pequeño radio de curvatura con compatibilidad con las fibras ópticas G.652 convencionales, que logra una resistencia a la flexión muy fuerte, cuyo radio es inferior a 2 mm, y es adecuadamente compatible con las fibras ópticas monomodo convencionales.

Para lograr el objetivo mencionado anteriormente, la presente invención adopta el siguiente esquema técnico: una fibra óptica monomodo de pequeño radio de curvatura con compatibilidad con las fibras ópticas G.652 convencionales comprende una capa de gradiente de núcleo y una capa de núcleo dopada con germanio dispuestas concéntricamente, y una primera capa de envoltura, una segunda capa de envoltura y una tercera capa de envoltura dispuestas concéntricamente desde el interior hacia el exterior; una primera capa de transición está dispuesta entre

la capa de núcleo dopada con germanio y la primera capa de envoltura, una segunda capa de transición está dispuesta entre la primera capa de envoltura y la segunda capa de envoltura, y una tercera capa de transición está dispuesta entre la segunda capa de envoltura y la tercera capa de envoltura; la diferencia del índice de refracción relativo de la capa de gradiente de núcleo es Δn_1 , que se obtiene a través de una ecuación: $\Delta n_1 = a_1(x_1 + x_1^2 + x_1^3) + b_1$, donde x_1 es la distancia desde cualquier punto dentro de la capa de gradiente de núcleo al eje de dicha capa, a_1 es el factor de gradiente de la capa de gradiente de núcleo, que oscila del 0,5 % al 2 %, y b_1 es el factor de estabilidad de gradiente de la capa de gradiente de núcleo, que oscila del 0 al 0,2 %; la diferencia del índice de refracción relativo de la primera capa de transición es Δn_3 , que se obtiene a través de una ecuación: $\Delta n_3 = b_3(1 - a_3x_3^2)^{0,5}$, donde x_3 es la distancia desde un círculo concéntrico alrededor del centro de una fibra óptica en cualquier punto dentro de la primera capa de transición 3 hasta el borde exterior de la capa de núcleo dopada con germanio 2, y a_3 y b_3 son factores de transición, oscilando ambos del 0,3 % al 0,8 %; la diferencia del índice de refracción relativo de la segunda capa de transición es Δn_5 , que se obtiene a través de una ecuación: $\Delta n_5 = a_5x_5^2 + b_5$, donde x_5 es la distancia desde un círculo concéntrico alrededor del centro de una fibra óptica en cualquier punto dentro de la segunda capa de transición 5 hasta el borde exterior de la primera capa de envoltura 4, y a_5 y b_5 son factores de transición, oscilando a_5 del -1,0 % al -0,3 %, y oscilando b_5 del 0 al 0,1 %; y la diferencia del índice de refracción relativo de la tercera capa de transición es Δn_7 , que se obtiene a través de una ecuación: $\Delta n_7 = a_7x_7^2 + b_7$, donde x_7 es la distancia desde un círculo concéntrico alrededor del centro de una fibra óptica en cualquier punto dentro de la tercera capa de transición 7 hasta el borde exterior de la segunda capa de envoltura 6, y a_7 y b_7 son factores de transición, oscilando a_7 del 0,1 % al 0,4 %, y oscilando b_7 del -1,3 % al -0,3 %.

Sobre la base del esquema técnico mencionado anteriormente, la relación entre el espesor de la capa de núcleo dopada con germanio y el espesor de la primera capa de envoltura es de 0,5 a 2,0.

Sobre la base del esquema técnico mencionado anteriormente, la relación entre el espesor de la capa de núcleo dopada con germanio y el espesor de la segunda capa de envoltura es de 0,2 a 1,0.

Sobre la base del esquema técnico mencionado anteriormente, la diferencia del índice de refracción relativo de la capa de núcleo dopada con germanio es del 0,2 % al 0,8 %.

Sobre la base del esquema técnico mencionado anteriormente, la diferencia del índice de refracción relativo de la primera capa de envoltura es del 0 al 0,1 %.

Sobre la base del esquema técnico mencionado anteriormente, la diferencia del índice de refracción relativo de la segunda capa de envoltura es del -1,3 % al -0,3 %.

Sobre la base del esquema técnico mencionado anteriormente, el diámetro de la tercera capa de envoltura, una capa de envoltura de cuarzo, es 80 μm o 125 μm .

Sobre la base del esquema técnico mencionado anteriormente, cuando la longitud de onda operativa es 1550 nm, la atenuación de la fibra óptica monomodo de pequeño radio de curvatura es inferior a 0,2 dB/km, y cuando el radio de curvatura es inferior a 2 mm, la pérdida adicional es inferior a 0,35 dB.

La presente invención tiene los siguientes efectos beneficiosos:

1. una pluralidad de capas de envoltura, es decir, una primera capa de envoltura dopada con bajo contenido de germanio, una segunda capa de envoltura dopada con alto contenido de flúor y una tercera capa de envoltura compuesta de cuarzo, están dispuestas en el exterior de una capa de núcleo dopada con germanio para formar una estructura de guía de onda en forma de montaña, lo que refuerza la resistencia a la flexión de la fibra óptica a través de la reducción de las pérdidas por macroflexión y microflexión; y
2. una capa de transición está dispuesta entre la capa de núcleo dopada con germanio y la primera capa de envoltura, así como entre las capas de envoltura primera y segunda y entre las capas de envoltura segunda y tercera, y una capa de gradiente de núcleo está dispuesta dentro de la capa de núcleo dopada con germanio, de manera que se optimizan las características de modo y tensión de la fibra óptica; por lo tanto, cuando la fibra óptica monomodo de pequeño radio de curvatura se fusiona con las fibras ópticas monomodo G.652 convencionales, la pérdida en el punto de fusión puede controlarse al mínimo, y la fibra óptica monomodo de pequeño radio de curvatura es adecuadamente compatible con las fibras ópticas monomodo convencionales, sentando así la base de las fibras ópticas para la tecnología FTTH y ODN.

Breve descripción de los dibujos

- La figura 1 es un diagrama estructural esquemático de una cara de extremo de una fibra óptica monomodo de pequeño radio de curvatura con compatibilidad de la presente invención;
- la figura 2 es un diagrama estructural esquemático de una guía de onda de una fibra óptica monomodo de pequeño radio de curvatura con compatibilidad de la presente invención;
- la figura 3 es un diagrama estructural esquemático del control de campo de modo de una fibra óptica monomodo de pequeño radio de curvatura con compatibilidad;

la figura 4 es una pérdida adicional para la flexión de la fibra óptica cuando una capa de envoltura en la figura 1 es de 125 µm de diámetro; y

la figura 5 es una pérdida adicional para la flexión de la fibra óptica cuando una capa de envoltura en la figura 1 es de 80 µm de diámetro.

5

Descripción de las realizaciones

A continuación se describirá con más detalle la presente invención de acuerdo con los dibujos.

10 Como se muestra en la figura 1, una fibra óptica monomodo de pequeño radio de curvatura con compatibilidad con las fibras ópticas G.652 convencionales de la presente invención comprende una capa de gradiente de núcleo 1, una capa de núcleo dopada con germanio 2, una primera capa de transición 3, una primera capa de envoltura 4, una segunda capa de transición 5, una segunda capa de envoltura 6, una tercera capa de transición 7 y una tercera capa de envoltura 8, estando dispuestas dichas capas de manera concéntrica desde el interior hacia el exterior, en la que
 15 la capa de gradiente de núcleo 1 está dispuesta dentro de la capa de núcleo dopada con germanio 2, la primera capa de transición 3 está localizada entre la capa de gradiente de núcleo 1 y la primera capa de envoltura 4, la segunda capa de transición 5 está localizada entre la primera capa de envoltura 4 y la segunda capa de envoltura 6, y la tercera capa de transición 7 está localizada entre la segunda capa de envoltura 6 y la tercera capa de envoltura 8; la relación entre el espesor L2 de la capa de núcleo dopada con germanio 2 y el espesor L4 de la primera capa de envoltura 4 es de 0,5 a 2,0; la relación entre el espesor L2 de la capa de núcleo dopada con germanio 2 y el espesor L6 de la segunda capa de envoltura 6 es de 0,2 a 1,0; el diámetro D8 de la tercera capa de envoltura 8, una capa de envoltura de cuarzo, es de 80 µm o 125 µm; una vez recubierta, la fibra óptica monomodo de pequeño radio de curvatura de la presente invención tiene un diámetro de 200 µm o 245 µm.

25 Como se muestra en la figura 2, el índice de refracción de la capa de gradiente de núcleo 1 es n1, el índice de refracción de la capa dopada con germanio 2 es n2, el índice de refracción de la primera capa de transición 3 es n3, el índice de refracción de la primera capa de envoltura 4 es n4, el índice de refracción de la tercera capa de transición 5 es n5, el índice de refracción de la segunda capa de envoltura 6 es n6, el índice de refracción de la tercera capa de envoltura 7 es n7 y el índice de refracción de la tercera capa de envoltura 8 es n8; el índice de refracción de la tercera capa de envoltura 8, es decir, n8, se elige como el índice de refracción de una capa de envoltura de cuarzo equivalente, es decir, n. Para obtener estos índices de refracción, se adopta un método de diferencia del índice de refracción relativo. Sobre la base del índice de refracción de la capa de envoltura de cuarzo, es decir, n, se produce una diferencia del índice de refracción relativo entre cada capa de guía de onda y la capa de envoltura de cuarzo. En consecuencia, se mide y se obtiene el índice de refracción de cada capa incluida en la estructura de guía de onda en forma de montaña de la presente invención. Se adopta una ecuación para la diferencia del índice de refracción relativo:
 30
 35

$$\Delta n = (n' - n) / (n' + n) \times 100\% \quad (1)$$

40 donde n es el índice de refracción de la capa de envoltura de cuarzo, es decir, el índice de refracción de la tercera capa de envoltura 8 de la presente invención, n8, y n' es el índice de refracción de la capa correspondiente.

En cuanto a la presente invención, para calcular la diferencia del índice de refracción relativo de la capa de gradiente de núcleo 1 y la capa de envoltura de cuarzo, n' en la ecuación, adopta el índice de refracción del núcleo de fibra, es decir, n1; para calcular la diferencia del índice de refracción relativo de la capa de núcleo dopada con germanio y la capa de envoltura de cuarzo, n' en la ecuación, adopta el índice de refracción del núcleo de fibra, es decir, n2; para calcular la diferencia del índice de refracción relativo del núcleo de la primera capa de transición 3 y la capa de envoltura de cuarzo, n' en la ecuación, adopta el índice de refracción de la primera capa de transición, es decir, n3; para calcular la diferencia del índice de refracción relativo de la primera capa de envoltura 4 y la capa de envoltura de cuarzo, n' en la ecuación, adopta el índice de refracción de la primera capa de envoltura, es decir, n4; para calcular la diferencia del índice de refracción relativo de la segunda capa de transición 5 y la capa de envoltura de cuarzo, n' en la ecuación, adopta el índice de refracción de la segunda capa de transición, es decir, n5; para calcular la diferencia del índice de refracción de la segunda capa de envoltura 6 y la capa de envoltura dopada con flúor, n' en la ecuación, adopta el índice de refracción de la segunda capa de envoltura, es decir, n6; para calcular la diferencia del índice de refracción de la tercera capa de transición 7 y la capa de envoltura de cuarzo, n' en la ecuación, adopta el índice de refracción de la segunda capa de transición, es decir, n7.
 45
 50
 55

En consecuencia, mediante la ecuación (1) puede determinarse que la diferencia del índice de refracción relativo de la capa de gradiente de núcleo 1 es Δn1, la diferencia del índice de refracción relativo de la capa de núcleo dopada con germanio 2 es Δn2, la diferencia del índice de refracción relativo de la primera capa de transición 3 es Δn3, la diferencia del índice de refracción relativo de la primera capa de envoltura 4 es Δn4, la diferencia del índice de refracción relativo de la segunda capa de transición 5 es Δn5, la diferencia del índice de refracción relativo de la segunda capa de envoltura 6 es Δn6, y la diferencia del índice de refracción relativo de la tercera capa de transición 7 es Δn7. La diferencia del índice de refracción relativo de la capa de núcleo dopada con germanio 2 está entre el
 60

0,2 % y el 0,8 %; la diferencia del índice de refracción relativo de la primera capa de envoltura 4, una capa de envoltura dopada con bajo contenido de germanio, está entre el 0 y el 0,1 %; la diferencia del índice de refracción relativo de la segunda capa de envoltura 6, una capa de envoltura dopada con alto contenido de flúor, está entre el -1,3 % y el -0,3 %.

5 La diferencia del índice de refracción relativo de la capa de gradiente de núcleo 1 es Δn_1 , que se obtiene a través de una ecuación: $\Delta n_1 = a_1(x_1 + x_1^2 + x_1^3) + b_1$, donde x_1 es la distancia desde cualquier punto dentro de la capa de gradiente de núcleo 1 hasta el eje de dicha capa, a_1 es un factor de gradiente de la capa de gradiente de núcleo 1, que oscila del 0,5 % al 2 %, y b_1 es un factor de estabilidad de gradiente de la capa de gradiente de núcleo 1, que oscila del 0 al 0,2 %.

10 La diferencia del índice de refracción relativo de la primera capa de transición 3 es Δn_3 , que se obtiene a través de una ecuación: $\Delta n_3 = b_3(1 - a_3x_3^2)^{0.5}$, donde x_3 es la distancia desde un círculo concéntrico alrededor del centro de una fibra óptica en cualquier punto dentro de la primera capa de transición 3 hasta el borde exterior de la capa de núcleo dopada con germanio 2, y a_3 y b_3 son factores de transición, oscilando ambos del 0,3 % al 0,8 %.

15 La diferencia del índice de refracción relativo de la segunda capa de transición 5 es Δn_5 , que se obtiene a través de una ecuación: $\Delta n_5 = a_5x_5^2 + b_5$, donde x_5 es la distancia desde un círculo concéntrico alrededor del centro de una fibra óptica en cualquier punto dentro de la segunda capa de transición 5 hasta el borde exterior de la primera capa de envoltura 4, y a_5 y b_5 son factores de transición, oscilando a_5 del -1,0 % al -0,3 %, y oscilando b_5 del 0 al 0,1 %.

20 La diferencia del índice de refracción relativo de la tercera capa de transición 7 es Δn_7 , que se obtiene a través de una ecuación: $\Delta n_7 = a_7x_7^2 + b_7$, donde x_7 es la distancia desde un círculo concéntrico alrededor del centro de una fibra óptica en cualquier punto dentro de la tercera capa de transición 7 hasta el borde exterior de la segunda capa de envoltura 6, y a_7 y b_7 son factores de transición, oscilando a_7 del 0,1 % al 0,4 % y oscilando b_7 del -1,3 % al -0,3 %.

25 Como se muestra en la figura 3, de acuerdo con la presente invención, se aplica un control triple al campo de modo de la fibra óptica de pequeño radio de curvatura a través de la capa de núcleo dopada con germanio 2, la primera capa de envoltura 4, la segunda capa de envoltura 6 y la tercera capa de envoltura 8, y las características del campo de modo se optimizan para adaptarse a G.652 a través de la capa de gradiente de núcleo 1, la primera capa de transición 3, la segunda capa de transición 5 y la tercera capa de transición 7, por lo que el campo de modo epitaxial de la fibra óptica se aproxima al campo de modo de G.652, y el campo de modo central es el campo de modo característico de la fibra óptica de pequeño radio de curvatura.

30 A continuación se describirá con más detalle la presente invención de acuerdo con las realizaciones.

35 Realización 1:

40 en esta realización, una fibra óptica monomodo de pequeño radio de curvatura, el diámetro D8 de una tercera capa de envoltura 8 es de 125 μm ; la diferencia del índice de refracción relativo de una capa de gradiente de núcleo 1 es Δn_1 , que se obtiene a través de una ecuación: $\Delta n_1 = a_1(x_1 + x_1^2 + x_1^3) + b_1$, donde x_1 es la distancia desde cualquier punto dentro de la capa de gradiente de núcleo 1 hasta el eje de dicha capa, a_1 es el factor de gradiente de la capa de gradiente de núcleo 1, que es aproximadamente del 0,5 %, y b_1 es el factor de estabilidad de gradiente de la capa de gradiente de núcleo 1, que es aproximadamente 0;

45 la diferencia del índice de refracción relativo de una capa de núcleo dopada con germanio 2, es decir, Δn_2 , se mantiene estable, constantemente en un 0,2 %;

50 la diferencia del índice de refracción relativo de una primera capa de transición 3 es Δn_3 , que se obtiene a través de una ecuación: $\Delta n_3 = b_3(1 - a_3x_3^2)^{0.5}$, donde x_3 es la distancia desde un círculo concéntrico alrededor del centro de una fibra óptica en cualquier punto dentro de la primera capa de transición 3 hasta el borde exterior de la capa de núcleo dopada con germanio 2, y a_3 y b_3 son factores de transición, siendo a_3 aproximadamente del 0,8 % y siendo b_3 aproximadamente del 0,3 %;

55 la diferencia del índice de refracción relativo de una primera capa de envoltura 4, es decir, Δn_4 , se mantiene estable, constantemente a 0; la relación entre el espesor L2 de la capa de núcleo dopada con germanio 2 y el espesor L4 de la primera capa de envoltura 4 es 2,0;

60 la diferencia del índice de refracción relativo de una segunda capa de transición 5 es Δn_5 , que se obtiene a través de una ecuación: $\Delta n_5 = a_5x_5^2 + b_5$, donde x_5 es la distancia desde un círculo concéntrico alrededor del centro de una fibra óptica en cualquier punto dentro de la segunda capa de transición 5 hasta el borde exterior de la primera capa de envoltura 4, y a_5 y b_5 son factores de transición, siendo a_5 aproximadamente del -0,65 % y siendo b_5 aproximadamente del 0,05 %;

65 la diferencia del índice de refracción relativo de una segunda capa de envoltura 6, es decir, Δn_6 , se mantiene estable, constantemente en el -0,8 %; la relación entre el espesor L2 de la capa de núcleo dopada con germanio 2 y el espesor L4 de la segunda capa de envoltura 6 es 1,0;

la diferencia del índice de refracción relativo de una tercera capa de transición 7 es Δn_7 , que se obtiene a través de una ecuación: $\Delta n_7 = a_7x_7^2 + b_7$, donde x_7 es la distancia desde un círculo concéntrico alrededor del centro de una fibra óptica en cualquier punto dentro de la tercera capa de transición 7 hasta el borde exterior

de la segunda capa de envoltura 6, y a_7 y b_7 son factores de transición, siendo a_7 aproximadamente del 0,25 %, y siendo b_7 aproximadamente del -0,8 %;

de acuerdo con la figura 4, en esta realización, la atenuación de 1550 nm de la fibra óptica monomodo de pequeño radio de curvatura es de 0,191 dB/km, la pérdida por fusión entre la fibra óptica monomodo de pequeño radio de curvatura y una fibra óptica G.652 convencional alcanza los 0,08 dB, y la pérdida adicional bajo el radio de curvatura de 2 mm es inferior a 0,345 dB.

Realización 2:

esta realización es de una estructura básicamente igual a la realización 1; el diámetro D8 de una tercera capa de envoltura 8 es de 125 μm ; la diferencia del índice de refracción relativo de una capa de gradiente de núcleo 1 es Δn_1 , que se obtiene a través de una ecuación: $\Delta n_1 = a_1(x_1 + x_1^2 + x_1^3) + b_1$, donde x_1 es la distancia desde cualquier punto dentro de la capa de gradiente de núcleo 1 hasta el eje de dicha capa, a_1 es el factor de gradiente de la capa de gradiente de núcleo 1, que es aproximadamente del 1 %, y b_1 es el factor de estabilidad de gradiente de la capa de gradiente de núcleo 1, que es aproximadamente 0,2;

la diferencia del índice de refracción relativo de una capa de núcleo dopada con germanio 2, es decir, Δn_2 , se mantiene estable, constantemente en un 0,5 %;

la diferencia del índice de refracción relativo de una primera capa de transición 3 es Δn_3 , que se obtiene a través de una ecuación: $\Delta n_3 = b_3(1 - a_3x_3^2)^{0,5}$, donde x_3 es la distancia desde un círculo concéntrico alrededor del centro de una fibra óptica en cualquier punto dentro de la primera capa de transición 3 hasta el borde exterior de la capa de núcleo dopada con germanio 2, y a_3 y b_3 son factores de transición, siendo a_3 aproximadamente del 0,5 % y siendo b_3 aproximadamente del 0,5 %;

la diferencia del índice de refracción relativo de una primera capa de envoltura 4, es decir, Δn_4 , se mantiene estable, constantemente a 0; la relación entre el espesor L2 de la capa de núcleo dopada con germanio 2 y el espesor L4 de la primera capa de envoltura 4 es 1,0;

la diferencia del índice de refracción relativo de una segunda capa de transición 5 es Δn_5 , que se obtiene a través de una ecuación: $\Delta n_5 = a_5x_5^2 + b_5$, donde x_5 es la distancia desde un círculo concéntrico alrededor del centro de una fibra óptica en cualquier punto dentro de la segunda capa de transición 5 hasta el borde exterior de la primera capa de envoltura 4, y a_5 y b_5 son factores de transición, siendo a_5 aproximadamente del -0,3 % y siendo b_5 aproximadamente del 0,1 %;

la diferencia del índice de refracción relativo de una segunda capa de envoltura 6, es decir, Δn_6 , se mantiene estable, constantemente en el -0,3 %; la relación entre el espesor L2 de la capa de núcleo dopada con germanio 2 y el espesor L4 de la segunda capa de envoltura 6 es 0,5;

la diferencia del índice de refracción relativo de una tercera capa de transición 7 es Δn_7 , que se obtiene a través de una ecuación: $\Delta n_7 = a_7x_7^2 + b_7$, donde x_7 es la distancia desde un círculo concéntrico alrededor del centro de una fibra óptica en cualquier punto dentro de la tercera capa de transición 7 hasta el borde exterior de la segunda capa de envoltura 6, y a_7 y b_7 son factores de transición, siendo a_7 aproximadamente del 0,1 %, y siendo b_7 aproximadamente del -0,3 %;

de acuerdo con la figura 4, en esta realización, la atenuación de 1550 nm de la fibra óptica monomodo de pequeño radio de curvatura es de 0,193 dB/km, la pérdida por fusión entre la fibra óptica monomodo de pequeño radio de curvatura y una fibra óptica G.652 convencional alcanza los 0,11 dB, y la pérdida adicional bajo el radio de curvatura de 2 mm es inferior a 0,332 dB.

Realización 3:

esta realización es de una estructura básicamente igual a la realización 1; el diámetro D8 de una tercera capa de envoltura 8 es de 125 μm ; la diferencia del índice de refracción relativo de una capa de gradiente de núcleo 1 es Δn_1 , que se obtiene a través de una ecuación: $\Delta n_1 = a_1(x_1 + x_1^2 + x_1^3) + b_1$, donde x_1 es la distancia desde cualquier punto dentro de la capa de gradiente de núcleo 1 hasta el eje de dicha capa, a_1 es el factor de gradiente de la capa de gradiente de núcleo 1, que es aproximadamente del 2 %, y b_1 es el factor de estabilidad de gradiente de la capa de gradiente de núcleo 1, que es aproximadamente 0,1;

la diferencia del índice de refracción relativo de una capa de núcleo dopada con germanio 2, es decir, Δn_2 , se mantiene estable, constantemente en un 0,8 %;

la diferencia del índice de refracción relativo de una primera capa de transición 3 es Δn_3 , que se obtiene a través de una ecuación: $\Delta n_3 = b_3(1 - a_3x_3^2)^{0,5}$, donde x_3 es la distancia desde un círculo concéntrico alrededor del centro de una fibra óptica en cualquier punto dentro de la primera capa de transición 3 hasta el borde exterior de la capa de núcleo dopada con germanio 2, y a_3 y b_3 son factores de transición, siendo a_3 aproximadamente del 0,3 % y siendo b_3 aproximadamente del 0,8 %;

la diferencia del índice de refracción relativo de una primera capa de envoltura 4, es decir, Δn_4 , se mantiene estable, constantemente a 0; la relación entre el espesor L2 de la capa de núcleo dopada con germanio 2 y el espesor L4 de la primera capa de envoltura 4 es 0,5;

la diferencia del índice de refracción relativo de una segunda capa de transición 5 es Δn_5 , que se obtiene a través de una ecuación: $\Delta n_5 = a_5x_5^2 + b_5$, donde x_5 es la distancia desde un círculo concéntrico alrededor del centro de una fibra óptica en cualquier punto dentro de la segunda capa de transición 5 hasta el borde exterior de la primera capa de envoltura 4, y a_5 y b_5 son factores de transición, siendo a_5 aproximadamente del -1,3 % y siendo b_5 aproximadamente del 0 %;

la diferencia del índice de refracción relativo de una segunda capa de envoltura 6, es decir, Δn_6 , se mantiene estable, constantemente en el -1,3 %; la relación entre el espesor L2 de la capa de núcleo dopada con germanio 2 y el espesor L4 de la segunda capa de envoltura 6 es 0,2;

la diferencia del índice de refracción relativo de una tercera capa de transición 7 es Δn_7 , que se obtiene a través de una ecuación: $\Delta n_7 = a_7 x_7^2 + b_7$, donde x_7 es la distancia desde un círculo concéntrico alrededor del centro de una fibra óptica en cualquier punto dentro de la tercera capa de transición 7 hasta el borde exterior de la segunda capa de envoltura 6, y a_7 y b_7 son factores de transición, siendo a_7 aproximadamente del 0,4 %, y siendo b_7 aproximadamente del -1,3 %;

de acuerdo con la figura 4, en esta realización, la atenuación de 1550 nm de la fibra óptica monomodo de pequeño radio de curvatura es de 0,194 dB/km, la pérdida por fusión entre la fibra óptica monomodo de pequeño radio de curvatura y una fibra óptica G.652 convencional alcanza los 0,15 dB, y la pérdida adicional bajo el radio de curvatura de 2 mm es inferior a 0,311 dB.

Realización 4:

en esta realización, el diámetro D8 de una tercera capa de envoltura 8 es de 80 μm ; la diferencia del índice de refracción relativo de una capa de gradiente de núcleo 1 es Δn_1 , que se obtiene a través de una ecuación: $\Delta n_1 = a_1(x_1 + x_1^2 + x_1^3) + b_1$, donde x_1 es la distancia desde cualquier punto dentro de la capa de gradiente de núcleo 1 hasta el eje de dicha capa, a_1 es el factor de gradiente de la capa de gradiente de núcleo 1, que es aproximadamente del 0,5 %, y b_1 es el factor de estabilidad de gradiente de la capa de gradiente de núcleo 1, que es aproximadamente 0;

la diferencia del índice de refracción relativo de una capa de núcleo dopada con germanio 2, es decir, Δn_2 , se mantiene estable, constantemente en un 0,2 %;

la diferencia del índice de refracción relativo de una primera capa de transición 3 es Δn_3 , que se obtiene a través de una ecuación: $\Delta n_3 = b_3(1 - a_3 x_3^2)^{0.5}$, donde x_3 es la distancia desde un círculo concéntrico alrededor del centro de una fibra óptica en cualquier punto dentro de la primera capa de transición 3 hasta el borde exterior de la capa de núcleo dopada con germanio 2, y a_3 y b_3 son factores de transición, siendo a_3 aproximadamente del 0,8 % y siendo b_3 aproximadamente del 0,3 %;

la diferencia del índice de refracción relativo de una primera capa de envoltura 4, es decir, Δn_4 , se mantiene estable, constantemente a 0; la relación entre el espesor L2 de la capa de núcleo dopada con germanio 2 y el espesor L4 de la primera capa de envoltura 4 es 2,0;

la diferencia del índice de refracción relativo de una segunda capa de transición 5 es Δn_5 , que se obtiene a través de una ecuación: $\Delta n_5 = a_5 x_5^2 + b_5$, donde x_5 es la distancia desde un círculo concéntrico alrededor del centro de una fibra óptica en cualquier punto dentro de la segunda capa de transición 5 hasta el borde exterior de la primera capa de envoltura 4, y a_5 y b_5 son factores de transición, siendo a_5 aproximadamente del -0,75 % y siendo b_5 aproximadamente del 0,06 %;

la diferencia del índice de refracción relativo de una segunda capa de envoltura 6, es decir, Δn_6 , se mantiene estable, constantemente en el -0,9 %; la relación entre el espesor L2 de la capa de núcleo dopada con germanio 2 y el espesor L4 de la segunda capa de envoltura 6 es 1,0;

la diferencia del índice de refracción relativo de una tercera capa de transición 7 es Δn_7 , que se obtiene a través de una ecuación: $\Delta n_7 = a_7 x_7^2 + b_7$, donde x_7 es la distancia desde un círculo concéntrico alrededor del centro de una fibra óptica en cualquier punto dentro de la tercera capa de transición 7 hasta un círculo concéntrico alrededor del centro de una fibra óptica en el borde exterior de la segunda capa de envoltura 6, y a_7 y b_7 son factores de transición, siendo a_7 aproximadamente del 0,3 %, y siendo b_7 aproximadamente del -0,9 %;

de acuerdo con la figura 5, en esta realización, la atenuación de 1550 nm de la fibra óptica monomodo de pequeño radio de curvatura es de 0,195 dB/km, la pérdida por fusión entre la fibra óptica monomodo de pequeño radio de curvatura y una fibra óptica G.652 convencional alcanza los 0,13 dB, y la pérdida adicional bajo el radio de curvatura de 2 mm es inferior a 0,332 dB.

Realización 5:

esta realización es de una estructura básicamente igual a la realización 5; el diámetro D8 de una tercera capa de envoltura 8 es de 80 μm ; la diferencia del índice de refracción relativo de una capa de gradiente de núcleo 1 es Δn_1 , que se obtiene a través de una ecuación: $\Delta n_1 = a_1(x_1 + x_1^2 + x_1^3) + b_1$, donde x_1 es la distancia desde cualquier punto dentro de la capa de gradiente de núcleo 1 hasta el eje de dicha capa, a_1 es el factor de gradiente de la capa de gradiente de núcleo 1, que es aproximadamente del 1,3 %, y b_1 es el factor de estabilidad de gradiente de la capa de gradiente de núcleo 1, que es aproximadamente 0,2;

la diferencia del índice de refracción relativo de una capa de núcleo dopada con germanio 2, es decir, Δn_2 , se mantiene estable, constantemente en un 0,6 %;

la diferencia del índice de refracción relativo de una primera capa de transición 3 es Δn_3 , que se obtiene a través de una ecuación: $\Delta n_3 = b_3(1 - a_3 x_3^2)^{0.5}$, donde x_3 es la distancia desde un círculo concéntrico alrededor del centro de una fibra óptica en cualquier punto dentro de la primera capa de transición 3 hasta el borde exterior de la capa de núcleo dopada con germanio 2, y a_3 y b_3 son factores de transición, siendo a_3 aproximadamente del 0,6 % y siendo b_3 aproximadamente del 0,45 %;

la diferencia del índice de refracción relativo de una primera capa de envoltura 4, es decir, Δn_4 , se mantiene estable, constantemente a 0; la relación entre el espesor L2 de la capa de núcleo dopada con germanio 2 y el espesor L4 de la primera capa de envoltura 4 es 0,9;

5 la diferencia del índice de refracción relativo de una segunda capa de transición 5 es Δn_5 , que se obtiene a través de una ecuación: $\Delta n_5 = a_5 x_5^2 + b_5$, donde x_5 es la distancia desde un círculo concéntrico alrededor del centro de una fibra óptica en cualquier punto dentro de la segunda capa de transición 5 hasta el borde exterior de la primera capa de envoltura 4, y a_5 y b_5 son factores de transición, siendo a_5 aproximadamente del -0,3 % y siendo b_5 aproximadamente del 0,1 %;

10 la diferencia del índice de refracción relativo de una segunda capa de envoltura 6, es decir, Δn_6 , se mantiene estable, constantemente en el -0,3 %; la relación entre el espesor L2 de la capa de núcleo dopada con germanio 2 y el espesor L4 de la segunda capa de envoltura 6 es 0,4;

15 la diferencia del índice de refracción relativo de una tercera capa de transición 7 es Δn_7 , que se obtiene a través de una ecuación: $\Delta n_7 = a_7 x_7^2 + b_7$, donde x_7 es la distancia desde un círculo concéntrico alrededor del centro de una fibra óptica en cualquier punto dentro de la tercera capa de transición 7 hasta el borde exterior de la segunda capa de envoltura 6, y a_7 y b_7 son factores de transición, siendo a_7 aproximadamente del 0,1 %, y siendo b_7 aproximadamente del -0,3 %;

20 de acuerdo con la figura 5, en esta realización, la atenuación de 1550 nm de la fibra óptica monomodo de pequeño radio de curvatura es de 0,197 dB/km, la pérdida por fusión entre la fibra óptica monomodo de pequeño radio de curvatura y una fibra óptica G.652 convencional alcanza los 0,16 dB, y la pérdida adicional bajo el radio de curvatura de 2 mm es inferior a 0,312 dB.

Realización 6:

25 esta realización es de una estructura básicamente igual a la realización 5; el diámetro D8 de una tercera capa de envoltura 8 es de 80 μm ; la diferencia del índice de refracción relativo de una capa de gradiente de núcleo 1 es Δn_1 , que se obtiene a través de una ecuación: $\Delta n_1 = a_1(x_1 + x_1^2 + x_1^3) + b_1$, donde x_1 es la distancia desde cualquier punto dentro de la capa de gradiente de núcleo 1 hasta el eje de dicha capa, a_1 es el factor de gradiente de la capa de gradiente de núcleo 1, que es aproximadamente del 2 %, y b_1 es el factor de estabilidad de gradiente de la capa de gradiente de núcleo 1, que es aproximadamente del 0,1 %;

30 la diferencia del índice de refracción relativo de una capa de núcleo dopada con germanio 2, es decir, Δn_2 , se mantiene estable, constantemente en un 0,8 %;

35 la diferencia del índice de refracción relativo de una primera capa de transición 3 es Δn_3 , que se obtiene a través de una ecuación: $\Delta n_3 = b_3(1 - a_3 x_3^2)^{0,5}$, donde x_3 es la distancia desde un círculo concéntrico alrededor del centro de una fibra óptica en cualquier punto dentro de la primera capa de transición 3 hasta el borde exterior de la capa de núcleo dopada con germanio 2, y a_3 y b_3 son factores de transición, siendo a_3 aproximadamente del 0,3 % y siendo b_3 aproximadamente del 0,8 %;

40 la diferencia del índice de refracción relativo de una primera capa de envoltura 4, es decir, Δn_4 , se mantiene estable, constantemente en el 0,1 %; la relación entre el espesor L2 de la capa de núcleo dopada con germanio 2 y el espesor L4 de la primera capa de envoltura 4 es 0,5;

45 la diferencia del índice de refracción relativo de una segunda capa de transición 5 es Δn_5 , que se obtiene a través de una ecuación: $\Delta n_5 = a_5 x_5^2 + b_5$, donde x_5 es la distancia desde un círculo concéntrico alrededor del centro de una fibra óptica en cualquier punto dentro de la segunda capa de transición 5 hasta el borde exterior de la primera capa de envoltura 4, y a_5 y b_5 son factores de transición, siendo a_5 aproximadamente del -1,3 % y siendo b_5 aproximadamente 0;

la diferencia del índice de refracción relativo de una segunda capa de envoltura 6, es decir, Δn_6 , se mantiene estable, constantemente en el -1,3 %; la relación entre el espesor L2 de la capa de núcleo dopada con germanio 2 y el espesor L4 de la segunda capa de envoltura 6 es 0,2;

50 la diferencia del índice de refracción relativo de una tercera capa de transición 7 es Δn_7 , que se obtiene a través de una ecuación: $\Delta n_7 = a_7 x_7^2 + b_7$, donde x_7 es la distancia desde un círculo concéntrico alrededor del centro de una fibra óptica en cualquier punto dentro de la tercera capa de transición 7 hasta el borde exterior de la segunda capa de envoltura 6, y a_7 y b_7 son factores de transición, siendo a_7 aproximadamente del 0,4 %, y siendo b_7 aproximadamente del -1,3 %;

55 de acuerdo con la figura 5, en esta realización, la atenuación de 1550 nm de la fibra óptica monomodo de pequeño radio de curvatura es de 0,199 dB/km, la pérdida por fusión entre la fibra óptica monomodo de pequeño radio de curvatura y una fibra óptica G.652 convencional alcanza los 0,19 dB, y la pérdida adicional bajo el radio de curvatura de 2 mm es inferior a 0,297 dB.

60 La presente invención no está limitada a las realizaciones mencionadas anteriormente. Los expertos en la materia pueden realizar ciertas mejoras sin alejarse del principio de la presente invención; las mejoras estarán dentro del alcance de protección de la presente invención. Aquellas que no se describan en detalle en la memoria descriptiva serán parte de la técnica anterior conocida por los expertos en la materia.

REIVINDICACIONES

1. Una fibra óptica monomodo de pequeño radio de curvatura con compatibilidad con las fibras ópticas G.652 convencionales, que comprende una capa de gradiente de núcleo (1) y una capa de núcleo dopada con germanio (2) dispuestas concéntricamente, y una primera capa de envoltura (4), una segunda capa de envoltura (6) y una tercera capa de envoltura (8) dispuestas concéntricamente desde el interior hacia el exterior, en la que una primera capa de transición (3) está dispuesta entre la capa de núcleo dopada con germanio (2) y la primera capa de envoltura (4), una segunda capa de transición (5) está dispuesta entre la primera capa de envoltura (4) y la segunda capa de envoltura (6), y una tercera capa de transición (7) está dispuesta entre la segunda capa de envoltura (6) y la tercera capa de envoltura (8); caracterizada por que
- la diferencia del índice de refracción relativo de la capa de gradiente de núcleo (1) es Δn_1 , que se obtiene a través de una ecuación: $\Delta n_1 = a_1(x_1 + x_1^2 + x_1^3) + b_1$, donde x_1 es la distancia desde cualquier punto dentro de la capa de gradiente de núcleo (1) hasta el eje de dicha capa, a_1 es el factor de gradiente de la capa de gradiente de núcleo (1), que oscila del 0,5 % al 2 %, y b_1 es el factor de estabilidad de gradiente de la capa de gradiente de núcleo (1), que oscila del 0 al 0,2 %;
- la diferencia del índice de refracción relativo de la primera capa de transición (3) es Δn_3 , que se obtiene a través de una ecuación: $\Delta n_3 = b_3(1 - a_3x_3^2)^{0,5}$, donde x_3 es la distancia desde un círculo concéntrico alrededor del centro de una fibra óptica en cualquier punto dentro de la primera capa de transición (3) hasta el borde exterior de la capa de núcleo dopada con germanio (2), y a_3 y b_3 son factores de transición, oscilando ambos del 0,3 % al 0,8 %;
- la diferencia del índice de refracción relativo de la segunda capa de transición (5) es Δn_5 , que se obtiene a través de una ecuación: $\Delta n_5 = a_5x_5^2 + b_5$, donde x_5 es la distancia desde un círculo concéntrico alrededor del centro de una fibra óptica en cualquier punto dentro de la segunda capa de transición (5) hasta el borde exterior de la primera capa de envoltura (4), y a_5 y b_5 son factores de transición, oscilando a_5 del -1,0 % al -0,3 %, y oscilando b_5 del 0 al 0,1 %; y
- la diferencia del índice de refracción relativo de la tercera capa de transición (7) es Δn_7 , que se obtiene a través de una ecuación: $\Delta n_7 = a_7x_7^2 + b_7$, donde x_7 es la distancia desde un círculo concéntrico alrededor del centro de una fibra óptica en cualquier punto dentro de la tercera capa de transición (7) hasta el borde exterior de la segunda capa de envoltura (6), y a_7 y b_7 son factores de transición, oscilando a_7 del 0,1 % al 0,4 %, y oscilando b_7 del -1,3 % al -0,3 %.
2. La fibra óptica monomodo de pequeño radio de curvatura de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada por que la relación entre el espesor de la capa de núcleo dopada con germanio (2) y el espesor de la primera capa de envoltura (4) es de 0,5 a 2,0.
3. La fibra óptica monomodo de pequeño radio de curvatura de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada por que la relación entre el espesor de la capa de núcleo dopada con germanio (2) y el espesor de la segunda capa de envoltura (6) es de 0,2 a 1,0.
4. La fibra óptica monomodo de pequeño radio de curvatura de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada por que la diferencia del índice de refracción relativo de la capa de núcleo dopada con germanio (2) es del 0,2 % al 0,8 %.
5. La fibra óptica monomodo de pequeño radio de curvatura de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada por que la diferencia del índice de refracción relativo de la primera capa de envoltura (4) es del 0 al 0,1 %.
6. La fibra óptica monomodo de pequeño radio de curvatura de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada por que la diferencia del índice de refracción relativo de la segunda capa de envoltura (6) es del -1,3 % al -0,3 %.
7. La fibra óptica monomodo de pequeño radio de curvatura de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada por que el diámetro de la tercera capa de envoltura (8), una capa de envoltura de cuarzo, es de 80 μm o 125 μm .
8. La fibra óptica monomodo de pequeño radio de curvatura de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada por que cuando la longitud de onda operativa es de 1550 nm, la atenuación de la fibra óptica monomodo de pequeño radio de curvatura es inferior a 0,2 dB/km, y cuando el radio de curvatura es inferior a 2 mm, la pérdida adicional es inferior a 0,35 dB.

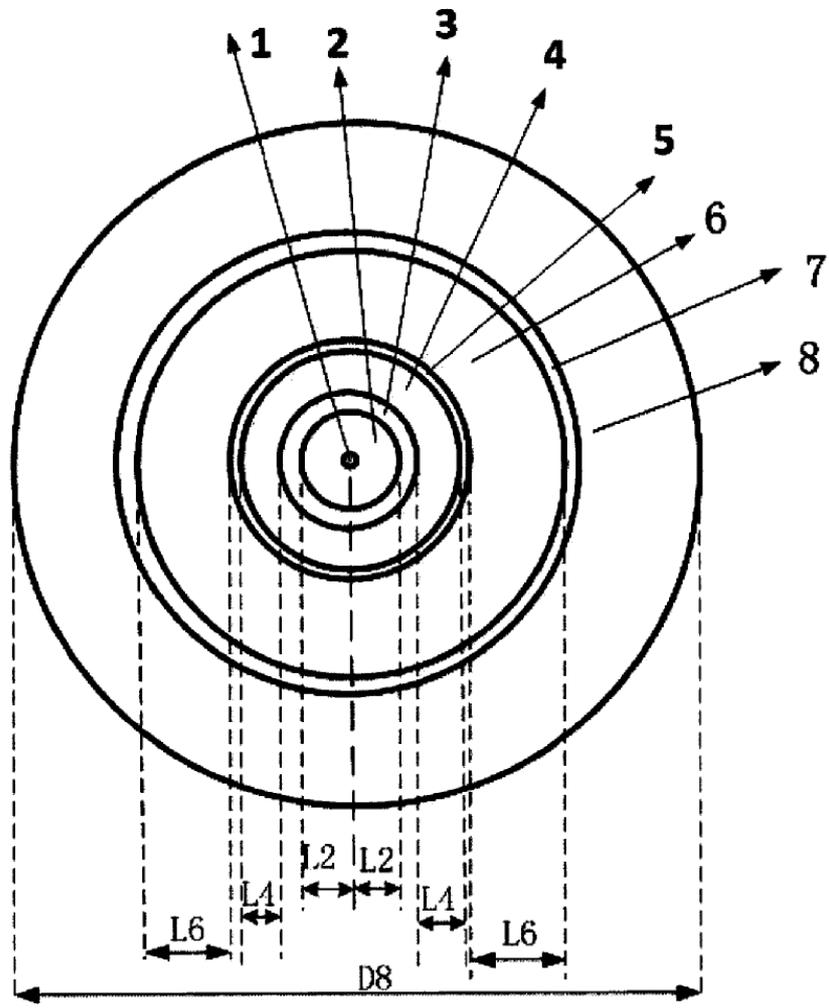


FIG. 1

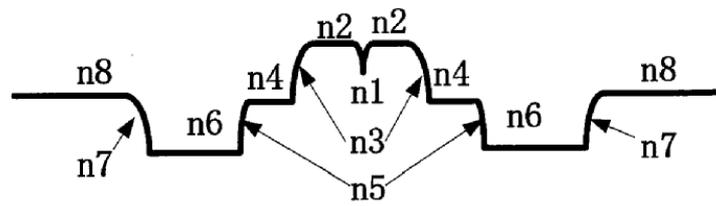


FIG. 2



FIG. 3

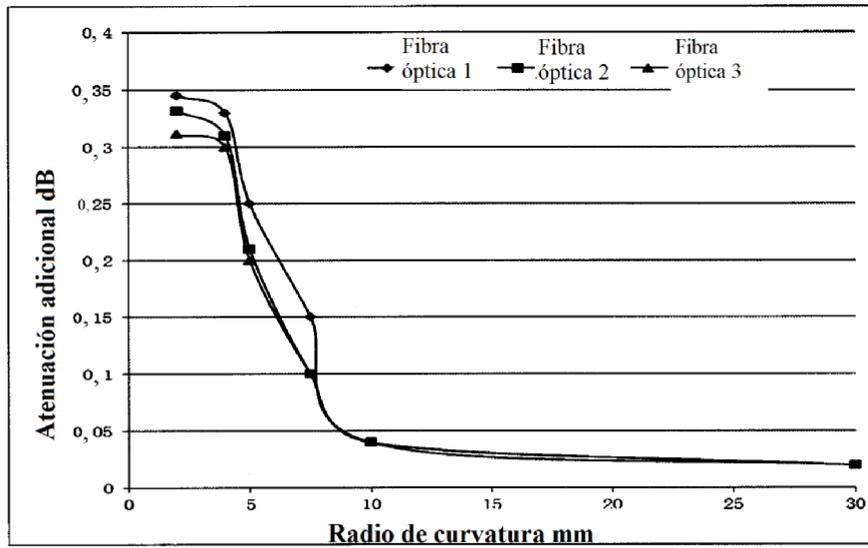


FIG. 4

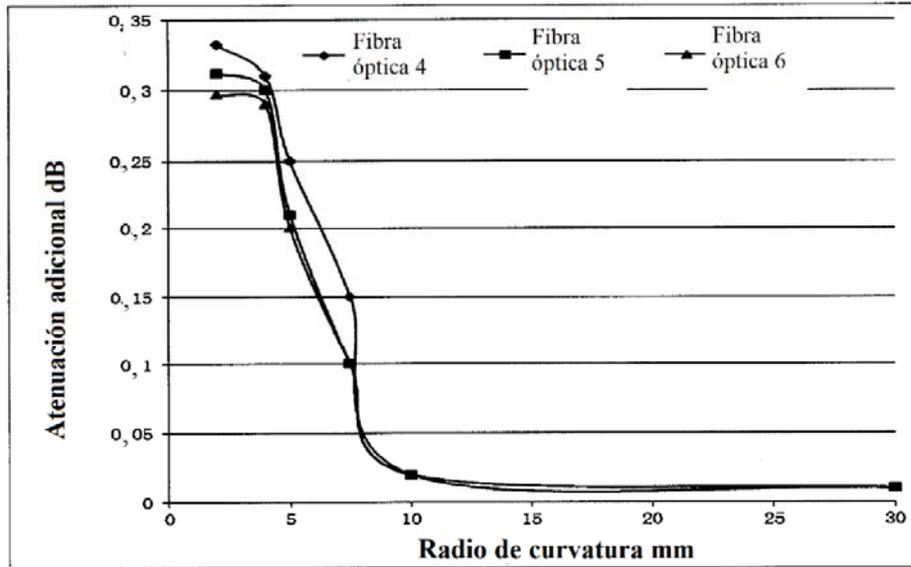


FIG. 5