

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 417 634**

51 Int. Cl.:

G02B 6/036 (2006.01)

G02B 6/44 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.02.2009 E 09712763 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.04.2013 EP 2175295**

54 Título: **Fibra óptica y cable óptico**

30 Prioridad:

22.02.2008 JP 2008041821

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
08.08.2013

73 Titular/es:

**SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.
(100.0%)
5-33 Kitahama 4-chome
Chuo-ku, Osaka-shi, Osaka 541-0041 , JP**

72 Inventor/es:

**NAKANISHI, TETSUYA;
SATOU, FUMIAKI;
AIHARA, KATSUYUKI;
MIYANO, HIROSHI y
SASAKI, TAKASHI**

74 Agente/Representante:

FÚSTER OLAGUIBEL, Gustavo Nicolás

ES 2 417 634 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 y cable óptico.

CAMPO DE LA INVENCIÓN

5 La presente invención se refiere a una fibra óptica que se atiene a la norma G. 652, y un cable óptico que incluye la fibra óptica.

TÉCNICA ANTERIOR

10 La norma para las fibras ópticas monomodo, que se usan más ampliamente para los sistemas de transmisión óptica, ha sido establecida por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU, International Telecommunication Union) como la norma G. 652. La norma G. 652 define las condiciones que deben cumplir las fibras ópticas monomodo, incluyendo los intervalos respectivos de diámetro del campo de modo a una longitud de onda de 1310 nm, la longitud de onda de corte del cable, la longitud de onda de dispersión nula, y la pendiente de la dispersión en la longitud de onda de dispersión nula.

15 Para los sistemas de transmisión óptica como FTTH (fibra hasta el hogar, fiber to the home), en el que las fibras ópticas están instaladas hasta los hogares individuales, y FTTC (fibra hasta la acera, fiber to the curb), en el que las fibras ópticas están instaladas hasta los bordillos de las aceras o los postes de servicio público, los excesos de las longitudes de las fibras ópticas se deben manipular correctamente. Para manipular correctamente un exceso de longitud de una fibra óptica, la porción del exceso de longitud se enrolla y se almacena en una caja de almacenamiento. En este momento, si la fibra óptica tiene una pérdida por curvatura pequeña, la fibra óptica se puede enrollar con un diámetro pequeño, de manera que se puede usar una caja de almacenamiento pequeña. Por lo tanto, es deseable que una fibra
20 óptica tenga una pérdida por curvatura pequeña. La publicación de solicitud de patente japonesa pendiente de examen núm. 2007-140510 da a conocer una fibra óptica que se atiene a la norma G. 652 y es capaz de reducir de forma considerable la pérdida por curvatura. Sin embargo, esta fibra óptica no evita la fractura cuando la fibra óptica se curva accidentalmente durante la instalación u otras operaciones. El documento EP-1785754-A1 da a conocer una fibra óptica que cae dentro del ámbito de la parte precharacterizadora de la reivindicación 1 mencionada más adelante. Los documentos EP-0127227-A2 y US-4802733-A son documentos útiles para entender la contribución a la técnica de la presente invención.

COMPENDIO DE LA INVENCIÓN

30 Un objeto de la presente invención es proporcionar una fibra óptica que se atenga a la norma G. 652, tenga una pérdida por curvatura pequeña a una longitud de onda de señal luminosa, y evite que la fractura cuando la fibra óptica se curve accidentalmente durante la instalación u otras operaciones. Otro objeto de la presente invención es proporcionar un cable óptico que incluya la fibra óptica.

Para resolver el problema, se proporciona una fibra óptica de acuerdo con la reivindicación 1 mencionada más adelante.

35 El diámetro del campo de modo a una longitud de onda de 1310 nm se puede hallar en el intervalo de 8,6 μm a 9,2 μm , y el diámetro del campo de modo a una longitud de onda de 1550 nm se puede hallar en el intervalo de 9,6 μm a 10,5 μm . Asimismo, se puede disponer una capa recubierta de carbono en una superficie de una porción de cristal de la fibra óptica.

40 De acuerdo con realizaciones particulares de la presente invención, se proporciona un cable óptico que incluye la fibra óptica de acuerdo con la presente invención, una vaina dispuesta alrededor de la fibra óptica, y Kevlar dispuesto entre la fibra óptica y la vaina; y un cable óptico que incluye la fibra óptica de acuerdo con la presente invención, y una vaina dispuesta alrededor de la fibra óptica, pero que no incluye Kevlar, y que tiene un diámetro externo menor de 3 mm. Es preferible que los aumentos de pérdida de estos cables ópticos sean menores de 0,1 dB/km a una longitud de onda de 1550 nm y a una temperatura de -30°C.

45 Además, se proporciona un cable óptico que incluye la fibra óptica de acuerdo con la presente invención, un miembro de tensión dispuesto paralelo a la fibra óptica, y una vaina que cubre la fibra óptica y el miembro de tensión, en el que se forma un surco a lo largo de la fibra óptica en una superficie de la vaina; y un cable óptico que incluye la fibra óptica de acuerdo con la presente invención, y una vaina que cubre la fibra óptica, en el que el cable óptico no incluye un miembro de tensión, y se forma un surco a lo largo de la fibra óptica en una superficie de la vaina. Se proporciona un cable óptico que incluye una pluralidad de las fibras ópticas de acuerdo con la presente invención, en el que la pluralidad de fibras ópticas se disponen en paralelo y están cubiertas integralmente con resina, y un aumento de pérdida durante un acceso a medio tramo para la operación de separación del cable es menor de 0,5 dB/km/s a una longitud de onda de 1550 nm. Se proporciona un cable óptico que incluye la fibra óptica o una pluralidad de las fibras ópticas de acuerdo con la presente invención, y una vaina que cubre la fibra óptica o la pluralidad de fibras ópticas que se
50 bobina(n) helicoidalmente, en el que el radio de curvatura de la fibra óptica o cada una de la pluralidad de fibras ópticas es igual a o menor de 7,5 mm.

Asimismo, se proporciona un módulo óptico que almacena la fibra óptica de acuerdo con la presente invención, y un sistema de transmisión óptica que transmite señal luminosa usando el cable óptico de acuerdo con la presente invención.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

60 Para entender mejor la presente invención y para mostrar cómo se puede llevar a cabo la misma, se hará ahora referencia, sólo a modo de ejemplo, a los dibujos adjuntos, en los que se representa lo siguiente.

La Figura 1 ilustra una fibra óptica de acuerdo con una realización de la presente invención, en la que la sección (a) es una vista en sección de la fibra óptica tomada a lo largo de un plano perpendicular al eje de la fibra, y la sección (b) es un diagrama conceptual que muestra el perfil de índices de refracción de la fibra óptica.

5 La Figura 2 es una tabla de atributos de las fibras ópticas A a D, que son realizaciones de la presente invención, y atributos de las fibras ópticas E a J, que son ejemplos comparativos.

La Figura 3 es una gráfica que muestra una relación entre la diferencia del índice de refracción relativo de un segundo revestimiento y la pérdida por curvatura a una longitud de onda de 1550 nm.

10 La Figura 4 es una gráfica que muestra una región en la que se cumple la norma G. 652 y la pérdida por curvatura es menor de 0,1 dB/vuelta a una longitud de onda de 1550 nm y en un radio de curvatura de 7,5 mm, en relación con el radio interno r_2 y al radio externo r_3 del segundo revestimiento.

La Figura 5 es una gráfica que muestra una relación entre la diferencia del índice de refracción relativo del segundo revestimiento y la pérdida por curvatura a una longitud de onda de 1625 nm.

La Figura 6 es una gráfica que muestra una relación entre el radio de curvatura y la probabilidad de fractura F_s .

15 La Figura 7 es una gráfica que muestra una relación entre la proporción (r_2/r_1) y el aumento de pérdida debido a OH a una longitud de onda de 1380 nm.

La Figura 8 es un histograma de la pérdida por empalme por fusión cuando las fibras ópticas A y J son empalmadas por fusión a SMFs estándares.

La Figura 9 es una vista en sección de un cable óptico de un tipo de cable holgado de acuerdo con una realización de la presente invención.

20 La Figura 10 es una vista en sección de un cable óptico de un tipo apretado con camisa de acuerdo con una realización de la presente invención.

La Figura 11 es una vista en sección de un cable óptico de un tipo de cable óptico de derivación de acuerdo con una realización de la presente invención.

25 La Figura 12 es una vista en sección de un cable óptico de un tipo de cable óptico de derivación de acuerdo con una forma de realización de la presente invención.

La Figura 13 es una vista en sección de un cable óptico de un tipo de cinta de fibras de acuerdo con una forma de realización de la presente invención.

La Figura 14 es un diagrama conceptual que muestra cómo se separan las fibras del cable óptico mostrado en la Fig. 13.

30 En la Fig. 15, la sección (a) es un diagrama conceptual de un cable óptico de acuerdo con una realización de la presente invención, teniendo el cable una estructura protectora helicoidal, y la sección (b) es un diagrama conceptual del cable óptico del que se ha retirado una vaina.

La Figura 16 es una vista en perspectiva de un cable óptico (cable rizado óptico) de acuerdo con una realización de la presente invención.

35 La Figura 17 es una vista en perspectiva de un cable óptico (cable rizado óptico) de acuerdo con una realización de la presente invención.

La Figura 18 es un diagrama conceptual de un módulo óptico de acuerdo con una realización de la presente invención.

40 La Figura 19 es un diagrama conceptual de un sistema de transmisión óptica de acuerdo con una forma de realización de la presente invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

45 En lo sucesivo, las formas de realización de la presente invención se describen con referencia a los dibujos. Los dibujos, que sólo se proporcionan con fines explicativos, no limitan el ámbito de la invención. En los dibujos, los mismos números representan las mismas partes de modo que se evite una descripción redundante. En los dibujos, las proporciones no están dibujadas necesariamente a escala.

50 La Figura 1 ilustra una fibra 1 óptica de acuerdo con una realización de la presente invención, en la que la sección (a) es una vista en sección de la fibra 1 óptica tomada a lo largo de un plano perpendicular al eje de la fibra, y la sección (b) es un diagrama conceptual que muestra el perfil de índices de refracción de la fibra 1 óptica. La fibra óptica incluye, como su porción de cristal, un núcleo 11, un primer revestimiento 12, un segundo revestimiento 13, y un tercer revestimiento 14. Una capa 15 recubierta de carbono se dispone en una superficie de la porción de cristal. Una capa 16 de resina principal y una capa 17 de resina secundaria se disponen alrededor de la capa recubierta de carbono en este orden. La Figura 1 muestra un perfil de índices de refracción que tiene una estructura simple, en la que cada sección de la fibra 1 óptica tiene un índice de refracción constante. Sin embargo, los expertos en la materia pueden concebir fácilmente estructuras similares (por ejemplo, una estructura en la que el índice de refracción en cada sección es inclinado o tiene fluctuaciones debido a un procedimiento de fabricación).

55

El núcleo 11 tiene un radio r_1 y un índice de refracción n_1 . El primer revestimiento 12, que rodea el núcleo 11, tiene un radio interno r_1 , un radio externo r_2 , y un índice de refracción n_2 que es menor que el índice de refracción n_1 . El segundo revestimiento 13, que rodea el primer revestimiento 12, tiene un radio interno r_2 , un radio externo r_3 , y un índice de refracción n_3 que es menor que el índice de refracción n_2 . El tercer revestimiento 14, que rodea el segundo revestimiento 13, tiene un radio interno r_3 y un índice de refracción n_4 que es mayor que el índice de refracción n_3 . Para la fibra 1 óptica, los valores de los radios r_1 , r_2 , r_3 , etc., se determinan por las posiciones en las que el índice de refracción cambia en grado máximo. Sin embargo, para una realización de una fibra óptica que tiene un perfil ligeramente en pendiente, los valores de los radios se pueden determinar como los de un perfil escalonado ópticamente equivalente.

En esta descripción, la diferencia del índice de refracción relativo Δ de una porción que tiene un índice de refracción n se expresa con relación al índice de refracción n_4 del tercer revestimiento 14 como

$$\Delta = \frac{n - n_4}{n_4}$$

Para la fibra 1 óptica, la diferencia del índice de refracción relativo Δ_1 del núcleo 11 se halla en el intervalo del 0,3% al 0,38%, la diferencia del índice de refracción relativo Δ_2 del primer revestimiento 12 se halla en el intervalo del -0,3% al 0,2%, y la diferencia del índice de refracción relativo Δ_3 del segundo revestimiento 13 se halla en el intervalo del -1,8% al -0,5%.

Para la fibra 1 óptica, el radio interno r_2 y el radio externo r_3 del segundo revestimiento 13 cumplen la expresión,

$$0,4r_2 + 10,5 < r_3 < 0,2r_2 + 16,$$

en la que el radio interno r_2 del segundo revestimiento 13 es igual a o mayor de 8 μm . Además, para la fibra 1 óptica, la pérdida por curvatura a una longitud de onda de 1550 nm y en un radio de curvatura de 7,5 mm es menor de 0,1 dB/vuelta; y la pérdida por curvatura a una longitud de onda de 1625 nm, que es la longitud de onda de luz de control de un sistema de transmisión óptica, y en un radio de curvatura de 4 mm es mayor de 0,1 dB/vuelta.

Hay tres procedimientos de hacer el segundo revestimiento 13, incluyendo el procedimiento: un primer procedimiento, en el que una varilla de núcleo que incluye el núcleo y un primer revestimiento se deposita mediante el procedimiento de deposición de vapor externo (OVD, outside vapor deposition) y se sinteriza en una atmósfera de SiF_4 ; un segundo procedimiento, en el que partículas de SiO_2 que se han dopado con flúor se pulverizan directamente sobre una varilla de núcleo mediante deposición de vapor de plasma externo; y un tercer procedimiento, en el que se realiza un proceso de varilla-en-tubo usando un conducto de cristal que se ha dopado con flúor con una concentración predeterminada. En general, de acuerdo con el primer procedimiento, el SiO_2 dopado con flúor obtenido tiene una baja concentración de OH, pero la diferencia del índice de refracción relativo Δ_3 sólo es alcanzable en un intervalo de igual al o mayor del -0,75%. Por otro lado, de acuerdo con el segundo procedimiento, la diferencia del índice de refracción relativo Δ_3 puede ser alcanzable en un intervalo igual o mayor del -2%.

Si la capa 15 recubierta de carbono no se dispone en una superficie de la porción de cristal, el coeficiente de fatiga estática n se halla en el intervalo de 20 a 25. Al disponer la capa 15 recubierta de carbono en una superficie de la porción de cristal, el coeficiente de fatiga estática n se puede hacer mayor de 30. De ese modo, incluso cuando el radio de curvatura es pequeño, se asegura una fiabilidad a largo plazo.

La capa 16 de resina principal y la capa 17 de resina secundaria son como se describe a continuación. Es preferible que la capa 16 de resina principal tenga un módulo de Young menor de 1,1 MPa y la capa 17 de resina secundaria tenga un módulo de Young mayor de 600 MPa. De ese modo, se pueden conseguir características de microcurvatura superiores a las de las SMFs (Fibras Monomodo, Single Mode Fibers) estándares, y se puede eliminar significativamente un aumento de pérdida, que se produce temporalmente durante la instalación.

La Figura 2 es una tabla de atributos de fibras ópticas A a D, que son realizaciones de la presente invención, y atributos de fibras ópticas E a J, que son ejemplos comparativos. La tabla muestra, de izquierda a derecha, el radio r_1 del núcleo 11, el radio externo r_2 del primer revestimiento 12, el radio externo r_3 del segundo revestimiento 13, la diferencia del índice de refracción relativo Δ_1 del núcleo 11, la diferencia del índice de refracción relativo Δ_2 del primer revestimiento 12, y la diferencia del índice de refracción relativo Δ_3 del segundo revestimiento 13. Además, la tabla muestra la pérdida por curvatura a una longitud de onda de 1625 nm y en un radio de curvatura de 4 mm, la pérdida por curvatura a una longitud de onda de 1550 nm y en un radio de curvatura de 5 mm, la pérdida por curvatura a una longitud de onda de 1550 nm y en un radio de curvatura de 7,5 mm, la pérdida por curvatura a una longitud de onda de 1550 nm y en un radio de curvatura de 10 mm, el diámetro del campo de modo MFD a 1310 nm, la longitud de onda de corte del cable λ_{cc} , la pendiente de dispersión en la longitud de onda de dispersión nula, y la longitud de onda de dispersión nula λ_0 .

Cada una de las fibras ópticas A a D cumple la norma G. 652, y tiene una pérdida por curvatura menor de 0,1 dB/vuelta a una longitud de onda de 1550 nm y en un radio de curvatura de 7,5 mm. Cada una de las fibras ópticas A a D tiene una pérdida por curvatura mayor de 0,1 dB/vuelta a una longitud de onda de 1625 nm, que es la longitud de onda de luz de control de un sistema de transmisión óptica, y en un radio de curvatura de 4 mm. Como se describe más adelante, al utilizar esta propiedad, se puede evitar que la fibra óptica sea usada en un intervalo en el que disminuya la fiabilidad. Por otro lado, la fibra óptica E a J no cumple con la norma G. 652, o, tiene pérdidas por curvatura mayores de 0,1 dB/vuelta a una longitud de onda de 1550 nm y en un radio de curvatura de 7,5 mm.

La Figura 3 es una gráfica que muestra una relación entre la diferencia del índice de refracción relativo Δ_3 y la

pérdida por curvatura a una longitud de onda de 1550 nm. En la gráfica, el radio de curvatura es de 7,5 mm ó 10 mm. A medida que el valor absoluto de la diferencia del índice de refracción relativo Δ_3 pasa a ser mayor, la pérdida por curvatura pasa a ser menor. Cuando el radio de curvatura es de 7,5 mm, si la diferencia del índice de refracción relativo Δ_3 es igual al o menor del -0,5%, la pérdida por curvatura es menor de 0,1 dB/vuelta.

5 La Figura 4 es una gráfica que muestra una región en la que se cumple la norma G. 652 y la pérdida por curvatura es menor de 0,1 dB/vuelta a una longitud de onda de 1550 nm y en un radio de curvatura de 7,5 mm, en relación con el radio interno r_2 y el radio externo r_3 del segundo revestimiento 13. En la Fig. 4, los casos en los que se cumplen las dos condiciones se muestran mediante puntos sólidos, y los casos en los que no se cumple ninguna de las condiciones se muestran mediante triángulos huecos.

10 En la Fig. 4, si " $r_3 < 0,2r_2 + 16$ ", la longitud de onda de corte del cable λ_{cc} es igual a o menor de 1260 nm. Si " $r_3 > 0,4r_2 + 10,5$ ", la pérdida por curvatura es menor de 0,1 dB/vuelta a una longitud de onda de 1550 nm y en un radio de curvatura de 7,5 mm. Si el radio interno r_2 del segundo revestimiento 13 es mayor de 8 μm , la longitud de onda de dispersión nula λ_0 es mayor de 1300 nm. Una fibra óptica de acuerdo con la presente invención cumple la expresión,

$$0,4r_2 + 10,5 < r_3 < 0,2r_2 + 16,$$

15 y el radio interno r_2 del segundo revestimiento 13 es igual a o mayor de 8 μm . Por lo tanto, la fibra óptica cumple la norma G. 652, y tiene una pérdida por curvatura pequeña a una longitud de onda de señal luminosa, en cuanto a que la pérdida por curvatura a una longitud de onda de 1550 nm y en un radio de curvatura de 7,5 mm es igual a o menor de 0,1 dB/vuelta.

20 La Figura 5 es una gráfica que muestra una relación entre la diferencia del índice de refracción relativo Δ_3 y la pérdida por curvatura a una longitud de onda de 1625 nm. En este caso, el radio de curvatura es de 4 mm. También para la longitud de onda de 1625 nm, a medida que el valor absoluto de la diferencia del índice de refracción relativo Δ_3 pasa a ser mayor, la pérdida por curvatura pasa a ser menor.

La Figura 6 es una gráfica que muestra una relación entre el radio de curvatura y la probabilidad de fractura F_s . La probabilidad de fractura F_s se define por la expresión,

$$25 \quad F_s = 1 - \exp \left\{ - N_p L \left(\frac{m}{n-2} \frac{k_s}{\sigma^{np} t_{pe}} \right) \right\}$$

(véase "J. Appl. Phys. 53 (7), 1982"). Aquí, la longitud usada L es de 0,05 m, el coeficiente de fatiga estática n es 23, el valor m es 3, la fuerza de la prueba de detección σ^{np} (extensión del 2%) es 0,02, la duración de la prueba de detección t_{pe} es de 0,6 segundos, y la frecuencia de fractura N_p durante la prueba de detección es de 1/100000 km. A medida que el radio de curvatura de una fibra óptica pasa a ser menor, la probabilidad de fractura F_s pasa a ser mayor.

30 Como se puede observar por las Figs. 5 y 6, si la diferencia del índice de refracción relativo Δ_3 de una fibra óptica es igual al o mayor del -1,8% y la fibra óptica se curva con un radio de curvatura de 4 mm para la que la probabilidad de fractura F_s por día es tan elevada como 10^{-5} veces/0,05 m, la pérdida por curvatura pasa a ser igual a o mayor de 0,1 dB/vuelta a una longitud de onda de 1625 nm. Una fibra óptica de acuerdo con la presente invención tiene una diferencia del índice de refracción relativo Δ_3 igual al o mayor del -1,8% y una pérdida por curvatura igual a o mayor de 0,1 dB/vuelta a una longitud de onda de 1625 nm y en un radio de curvatura de 4 mm. Por lo tanto, usando luz de control de una longitud de onda de 1625 nm, es posible detectar si la fibra óptica se curva o no con un radio de curvatura igual a o menor de 4 mm, en el cual no se puede garantizar la fiabilidad. De ese modo, es posible evitar que la fibra óptica se fracture cuando la fibra óptica se curva accidentalmente durante la instalación u otras operaciones.

40 La Figura 7 es una gráfica que muestra una relación entre el ratio (r_2/r_1) y el aumento de pérdida debido a OH a una longitud de onda de 1380 nm. Cuando la diferencia del índice de refracción relativo Δ_1 es del 0,35% y el radio del núcleo 11 es 4,1 μm , el aumento de pérdida $\Delta\alpha$ a una longitud de onda de 1380 nm debido a OH (concentración de ppm de C_{OH}) en el segundo revestimiento 13 se da por la expresión,

$$\Delta\alpha = 310 \times C_{OH} \exp \left(-3,3 \times \frac{r_2}{r_1} \right).$$

45 Es necesario que el aumento de pérdida $\Delta\alpha$ sea menor de 0,1 dB/km de manera que la pérdida a una longitud de onda de 1380 nm sea menor de 0,38 dB/km. Al modificar esta expresión, el intervalo de la proporción (r_2/r_1) que cumple " $\Delta\alpha < 0,1$ dB/km" se da por la expresión,

$$\frac{r_2}{r_1} > -\frac{1}{3,3} \times \ln \left(\frac{0,1}{310 \times C_{OH}} \right).$$

50 Si la concentración de flúor en el segundo revestimiento 13 se incrementa de modo que disminuya la diferencia del índice de refracción relativo Δ_3 , la durabilidad del hidrógeno se deteriora. En general, si se dopa con una alta concentración de flúor el cristal de SiO_2 mediante el procedimiento de CVD de plasma de manera que se cumpla $\Delta < -0,8\%$, la concentración de OH en el cristal aumenta, lo cual provoca un aumento de la pérdida de transmisión. Sin

embargo, al establecer el intervalo de la proporción (r_2/r_1) como se describe anteriormente, la pérdida a una longitud de onda de 1380 nm se puede hacer menor de 0,38 dB/km, de manera que la fibra óptica cumple con seguridad la norma G. 652D (norma G. 652 + baja concentración de OH). Es más preferible que la proporción (r_2/r_1) se establezca de modo que la expresión,

$$5 \quad \frac{r_2}{r_1} > -\frac{1}{3,3} \times \ln\left(\frac{0,1}{100 \times C_{OH}}\right)$$

se cumpla.

Es preferible que, para el mismo radio de curvatura, la fluctuación del aumento de la pérdida por curvatura a lo largo de la longitud de la fibra 1 óptica sea igual al o inferior al 10%. En este caso, como hay una correspondencia entre un radio de curvatura y una pérdida por curvatura de la fibra óptica, la curvatura accidental de una porción de la fibra óptica se puede detectar fácilmente monitorizando un aumento de la pérdida por curvatura durante la instalación.

La Figura 8 es un histograma de la pérdida por empalme por fusión cuando las fibras ópticas A y J son empalmadas por fusión a SMFs estándares. El diámetro del campo de modo de la fibra óptica A es de 8,9 μm , y el diámetro del campo de modo de la fibra óptica J es de 8,3 μm . El diámetro del campo de modo de las SMFs estándares es de 9,2 μm . De ese modo, la pérdida por empalme por fusión de la fibra óptica A que se produce cuando la fibra óptica A es empalmada por fusión a una SMF estándar es pequeña. Para una fibra óptica de acuerdo con la presente invención, es preferible que el diámetro del campo de modo a una longitud de onda de 1310 nm se halle en el intervalo de 8,6 μm a 9,2 μm , y que el diámetro del campo de modo a una longitud de onda de 1550 nm se halle en el intervalo de 9,6 μm a 10,5 μm .

En lo sucesivo, se describen realizaciones de cables ópticos incluyendo cada uno la fibra óptica de acuerdo con la presente invención. La Figura 9 es una vista en sección de un cable 2A óptico de un tipo de cable holgado de acuerdo con una realización de la presente invención. El cable 2A óptico incluye la fibra 1 óptica de acuerdo con la presente invención, una vaina 21 dispuesta alrededor de la fibra 1 óptica, y Kevlar (miembro de tensión) 22 dispuesto entre la fibra 1 óptica y la vaina 21. El cable 2A óptico permite que se disminuya el radio de curvatura a la vez que se evita la fractura de la fibra 1 óptica.

La Figura 10 es una vista en sección de un cable 2B óptico de un tipo apretado con camisa de acuerdo con una realización de la presente invención. El cable 2B óptico incluye la fibra 1 óptica de acuerdo con la presente invención y una vaina 23 que cubre la fibra 1 óptica, pero no incluye Kevlar. El diámetro externo del cable óptico es menor de 3 mm. Al emplearse la fibra 1 óptica, el cable 2B óptico apretado con camisa se puede hacer fino, resistente a la curvatura incluso sin usar Kevlar, y excelente en términos de almacenamiento. Además, a pesar del tipo apretado con camisa, el cable 2B puede hacer que el aumento de pérdida sea menor de 0,1 dB/km a una temperatura de -30°C y a una longitud de onda de 1550 nm.

La Figura 11 es una vista en sección de un cable 2C óptico de un tipo de cable de derivación de acuerdo con una realización de la presente invención. El cable 2C óptico incluye la fibra 1 óptica de acuerdo con la presente invención, miembros 24 de tensión dispuestos paralelos a la fibra 1 óptica, y una vaina 25 que cubre la fibra 1 óptica y los miembros 24 de tensión. Los dos miembros 24 de tensión se disponen con la fibra 1 óptica entre los mismos. Una vaina de polietileno se dispone alrededor del miembro 24 de tensión. Además, se forman surcos en las superficies de la vaina 24 en ambos lados de la fibra 1 óptica. La vaina 24 se puede separar a lo largo de los surcos de manera que la fibra 1 óptica se pueda sacar fácilmente. El cable 2C óptico permite que se disminuya el radio de curvatura a la vez que se evita la fractura de la fibra 1 óptica.

La Figura 12 es una vista en sección de un cable 2D óptico de un tipo de cable de derivación de acuerdo con una realización de la presente invención. El cable 2D óptico incluye la fibra 1 óptica de acuerdo con la presente invención y una vaina 25 que cubre la fibra óptica, pero no incluye un miembro de tensión. Se forman surcos en las superficies de la vaina 25 a lo largo de la fibra 1 óptica. Como la pérdida por curvatura se puede reducir empleando la fibra 1 óptica, se omite un miembro de tensión en el cable 2D óptico. Como el cable 2D óptico no incluye un miembro de tensión, se puede disminuir el área en sección transversal de la vaina 25, por lo que el cable se puede almacenar en un espacio pequeño.

La Figura 13 es una vista en sección de un cable 2F óptico de una fibra de tipo de cinta de acuerdo con una forma de realización de la presente invención. El cable 2F óptico incluye una pluralidad de las fibras 1 ópticas de acuerdo con la presente invención. La pluralidad de fibras 1 ópticas se cubren cada una con una capa 26 de tinta de color, dispuestas en paralelo, y cubiertas con resina 27. Como el cable emplea la fibra 1 óptica de manera que tenga una baja pérdida por curvatura, cuando las fibras formadas en una forma de cinta se separan y se cortan (Fig. 14), se puede eliminar el aumento de pérdida de las fibras ópticas (cables con corriente), a través de las cuales se está transmitiendo señal luminosa. De ese modo, durante una operación de separación, el aumento de pérdida de cables con corriente a una longitud de onda de 1550 nm se puede hacer menor de 0,5 dB/km/s, de manera que se puede evitar una interrupción instantánea de la señal luminosa. Además, no es necesario usar una plantilla de guía de separación de modo que se reduzca la tensión aplicada a la fibra 1 óptica durante la separación, de manera que las fibras ópticas se pueden separar a mano.

En la Fig. 15, la sección (a) es un diagrama conceptual de un cable 2G óptico de acuerdo con una realización de la presente invención que tiene una estructura 28 protectora helicoidal, y la sección (b) es un diagrama conceptual del cable 2G óptico del que se ha retirado una vaina. El cable 2G óptico incluye la fibra 1 óptica de acuerdo con la presente invención, y la estructura 28 protectora helicoidal, que está hecha de una tira de fibra sintética de poliamida (nailon), que rodea la fibra 1 óptica. Al proporcionarse la estructura 28 helicoidal alrededor de la fibra 1 óptica, la fibra óptica se puede hacer más resistente a la curvatura que exceda un cierto grado. De ese modo, se evita que la fibra

óptica se curve en un radio de curvatura menor que la curvatura a la que disminuye la fiabilidad.

5 La Figura 16 es una vista en perspectiva de un cable 2H óptico (también denominado cable rizado óptico) de acuerdo con una realización de la presente invención. El cable 2H óptico incluye la fibra 1 óptica de acuerdo con la presente invención que se bobina helicoidalmente con un radio de curvatura igual a o menor de 7,5 mm, y un conector 29 óptico conectado a un extremo de la fibra 1 óptica. Como se emplea la fibra 1 óptica, aunque la fibra 1 óptica se bobina helicoidalmente con un radio de curvatura igual a o menor de 7,5 mm, el aumento de pérdida es pequeño.

10 La Figura 17 es una vista en perspectiva de un cable 2E óptico (también denominado cable rizado óptico) de acuerdo con una realización de la presente invención. El cable 2E óptico incluye una pluralidad de las fibras 1 ópticas de acuerdo con la presente invención, cada una de las cuales se bobina con un radio de curvatura igual a o menor de 7,5 mm; una vaina 30 que cubre la pluralidad de fibras 1 ópticas; y un miembro 31 de tensión en el centro de las mismas. El cable 2E óptico permite que las fibras 1 ópticas individuales se saquen y se usen.

15 Es preferible que, como se muestra en la Fig. 18, un módulo 3 óptico se configure de tal manera que la fibra 1 óptica de acuerdo con la presente invención se bobine y se almacene en una caja 41. Es preferible que, como se muestra en la Fig. 19, un sistema 4 de transmisión óptica se configure de tal manera que uno de los cables ópticos 2A a 2H de acuerdo con las realizaciones se use como una trayectoria 2 de transmisión óptica y una salida de señal luminosa de un transmisor 51 óptico se transmita a un receptor 52 óptico a través de la trayectoria 2 de transmisión óptica. Con el módulo o el sistema, la pérdida por curvatura se puede reducir en un radio de curvatura de igual a o menor de 7,5 mmφ mientras que se evita fácilmente la fractura de la fibra 1 óptica, de manera que el sistema se puede hacer pequeño y el espacio de operación para el cableado se puede simplificar.

20 APLICABILIDAD INDUSTRIAL

La presente invención es aplicable a un sistema de transmisión óptica, como FTTH y FTTC, de modo que se almacene un cable óptico con un diámetro pequeño y se evite la fractura de la fibra óptica.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Una fibra (1) óptica que comprende un núcleo (11) que tiene un índice de refracción n_1 , un primer revestimiento (12) que rodea el núcleo y que tiene un índice de refracción n_2 menor que el índice de refracción n_1 , un segundo revestimiento (13) que rodea el primer revestimiento y que tiene un índice de refracción n_3 menor que el índice de refracción n_2 , y un tercer revestimiento (14) que rodea el segundo revestimiento y que tiene un índice de refracción n_4 mayor que el índice de refracción n_3 ,
- 10 en la que, con respecto al índice de refracción n_4 del tercer revestimiento, la diferencia del índice de refracción relativo del núcleo se halla en el intervalo del 0,3% al 0,38%, la diferencia del índice de refracción relativo del primer revestimiento se halla en el intervalo del -0,3% al 0,2%, y la diferencia del índice de refracción relativo del segundo revestimiento se halla en el intervalo del -1,8% al -0,5%,
- en la que el radio interno r_2 del segundo revestimiento y el radio externo r_3 del segundo revestimiento cumplen la expresión,
- $$0,4r_2 + 10,5 < r_3 < 0,2r_2 + 16,$$
- 15 y el radio interno r_2 del segundo revestimiento es igual a o mayor de 8 μm , caracterizada porque:
- la pérdida por curvatura a una longitud de onda de 1550 nm y en un radio de curvatura de 7,5 mm es menor de 0,1 dB/vuelta, y la pérdida por curvatura a una longitud de onda de 1625 nm y en un radio de curvatura de 4 mm es mayor de 0,1 dB/vuelta, y
- 20 el radio r_1 del núcleo y el radio externo r_2 del primer revestimiento cumplen la expresión,
- $$\frac{r_2}{r_1} > -\frac{1}{3,3} \times \ln\left(\frac{0,1}{310 \times C_{OH}}\right)$$
- en la que C_{OH} representa la concentración de OH en el segundo revestimiento en ppm, y la pérdida de transmisión a una longitud de onda de 1380 nm es menor de 0,38 dB/km.
- 25 2. La fibra óptica de acuerdo con la reivindicación 1
- en la que el diámetro del campo de modo a una longitud de onda de 1310 nm se halla en el intervalo de 8,6 μm a 9,2 μm , y el diámetro del campo de modo a una longitud de onda de 1550 nm se halla en el intervalo de 9,6 μm a 10,5 μm .
3. La fibra óptica de acuerdo con la reivindicación 1,
- 30 en la que una capa (15) recubierta de carbono se dispone en una superficie de una porción de cristal de la fibra óptica.
4. Un cable (2A) óptico que comprende:
- la fibra óptica de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3;
- una vaina (21) dispuesta alrededor de la fibra óptica; y
- Kevlar (22) dispuesto entre la fibra óptica y la vaina.
5. Un cable (2B) óptico que comprende:
- 35 la fibra óptica de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3; y
- una vaina (21) que cubre la fibra óptica,
- en el que el cable óptico no incluye Kevlar, y el cable óptico tiene un diámetro externo menor de 3 mm.
6. El cable (2B) óptico de acuerdo con la reivindicación 5,
- 40 en el que un aumento de pérdida es menor de 0,1 dB/km a una longitud de onda de 1550 nm y a una temperatura de -30°C.
7. Un cable (2C) óptico que comprende:
- la fibra óptica de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3;
- un miembro (24) de tensión dispuesto paralelo a la fibra óptica; y
- una vaina (25) que cubre la fibra óptica y el miembro de tensión,

en el que se forma un surco a lo largo de la fibra óptica en una superficie de la vaina.

8. Un cable (2D) óptico que comprende:

la fibra óptica de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3; y

una vaina (25) que cubre la fibra óptica,

5 en el que el cable óptico no incluye un miembro de tensión, y se forma un surco a lo largo de la fibra óptica en una superficie de la vaina.

9. Un cable (2F) óptico que comprende una pluralidad de las fibras ópticas de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3,

10 en el que la pluralidad de fibras ópticas se disponen en paralelo y están cubiertas integralmente con resina (27), y un aumento de pérdida durante un acceso a medio tramo para la operación de separación del cable es menor de 0,5 dB/km/s a una longitud de onda de 1550 nm.

10. Un cable (2G) óptico que comprende:

la fibra óptica de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3; y

una vaina (28) que cubre la fibra óptica que se bobina helicoidalmente,

15 en el que el radio de curvatura de la fibra óptica es igual a o menor de 7,5 mm.

11. Un cable (2H) óptico que comprende:

una pluralidad de las fibras ópticas de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3; y

una vaina que cubre la pluralidad de fibras ópticas que se bobinan helicoidalmente,

en el que el radio de curvatura de cada una de la pluralidad de fibras ópticas es igual a o menor de 7,5 mm.

20 12. Un módulo (3) óptico que almacena la fibra óptica de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3.

13. Un sistema (4) de transmisión óptica que transmite señal luminosa usando el cable óptico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 11.

FIG 1

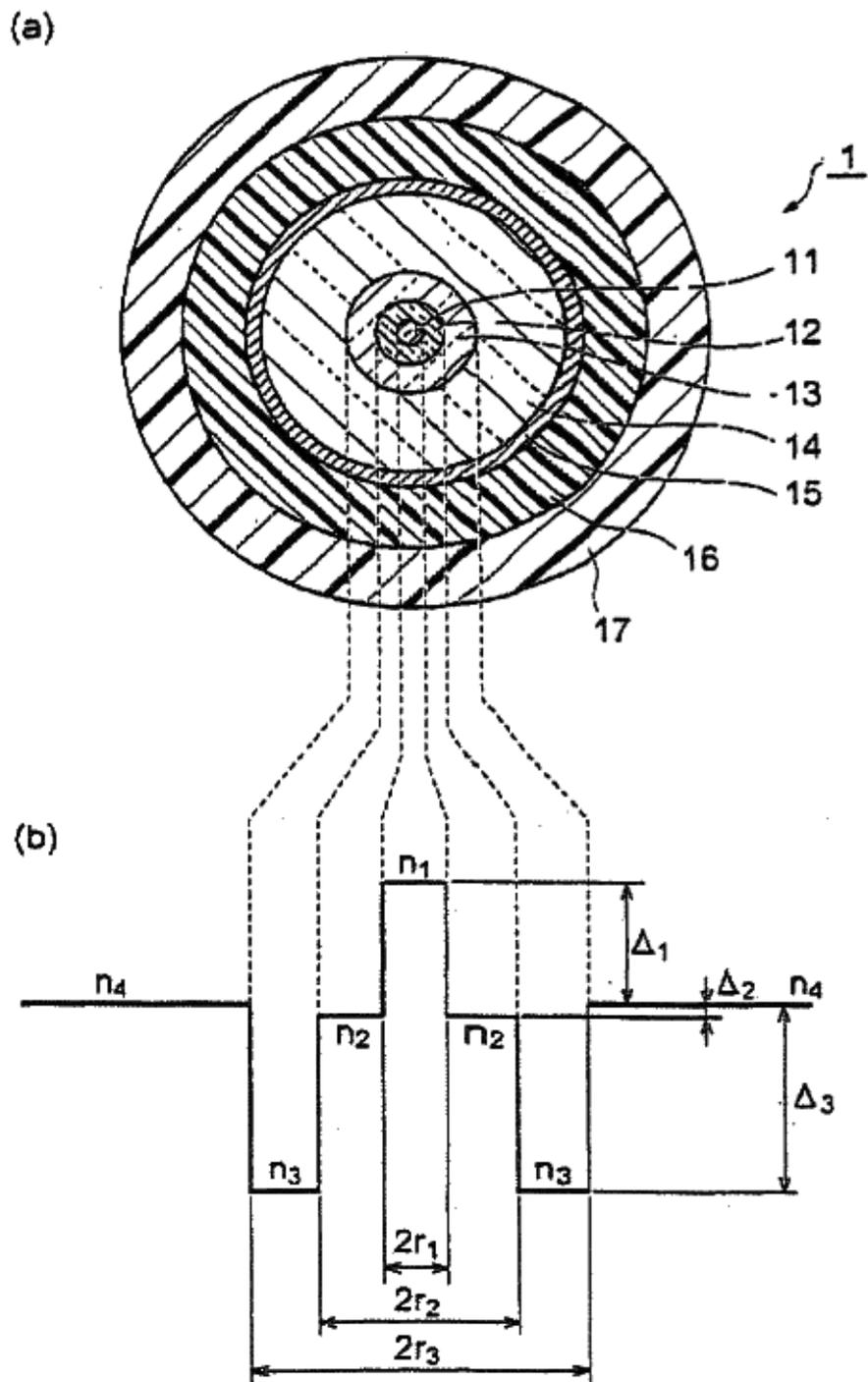


FIG.2

Fibra óptica	r1 [μm]	r2 [μm]	r3 [μm]	Δ1 [%]	Δ2 [%]	Δ3 [%]	Pérdida por curvatura				MFD [μm]	λ _{cc} [nm]	Pendiente de la dispersión [ps/nm ² /km]	λ ₀ [nm]
							R4 a 1625nm [dB/vuelta]	R5 a 1550nm [dB/vuelta]	R7,5 a 1550nm [dB/vuelta]	R10 a 1550nm [dB/vuelta]				
A	3,99	9,98	16,01	0,34	-0,01	-0,73	1,020	0,334	0,056	0,01719	8,9	1160	0,0895	1301
B	4,19	13,78	17,46	0,35	-0,01	-1,02	0,400	0,279	0,082	0,025	8,9	1180	0,0852	1306
C	4,00	15,12	18,75	0,34	-0,02	-1,70	0,214	0,045	0,015	0,013	9	1230	0,0851	1304
D	4,02	9,55	15,02	0,36	-0,04	-0,53	1,450	0,784	0,098	0,048	9	1240	0,0899	1302
E	4,22	13,10	19,00	0,35	-0,02	-0,73	0,200	0,059	0,012	0,01335	8,9	1275	0,0853	1303
F	3,95	13,10	15,75	0,33	-0,02	-0,53	1,681	2,820	0,235	0,1536	8,9	1160	0,8908	1312
G	3,95	8,02	15,11	0,35	-0,03	-1,00	0,105	0,118	0,024	0,0123	8,8	1235	0,0908	1282
H	3,80	6,50	15,10	0,34	-0,08	-0,53	0,320	0,513	0,066	0,035	8,7	1200	0,0915	1272
I	3,67	15,75	24,55	0,36	-0,01	-0,53	0,078	0,037	0,008	0,00245	8,9	1410	0,844	1330
J	3,28	8,21	13,18	0,34	-0,01	-0,73	39,851	32,631	2,175	6,72E-01	8,3	1000	0,0923	1310

FIG. 3

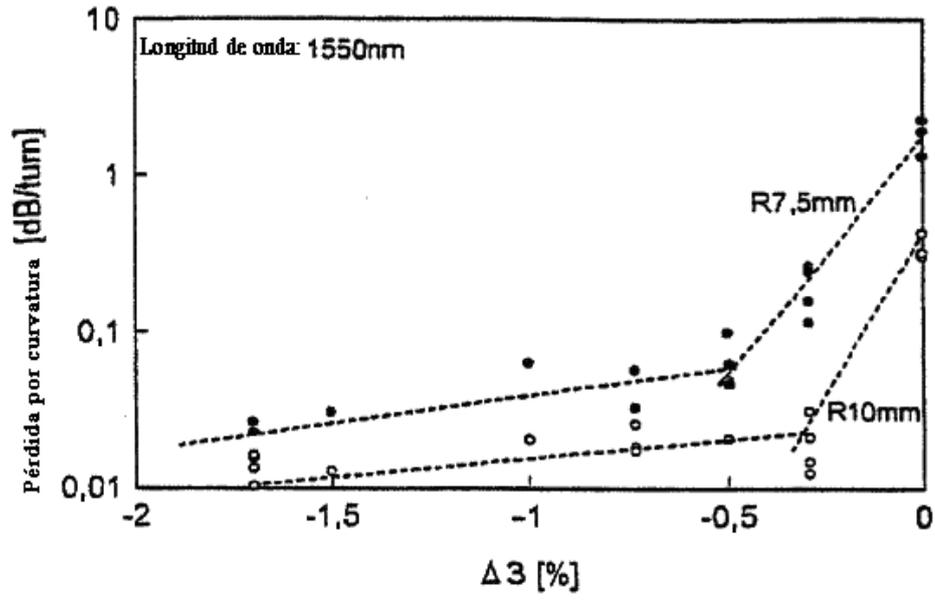


FIG 4

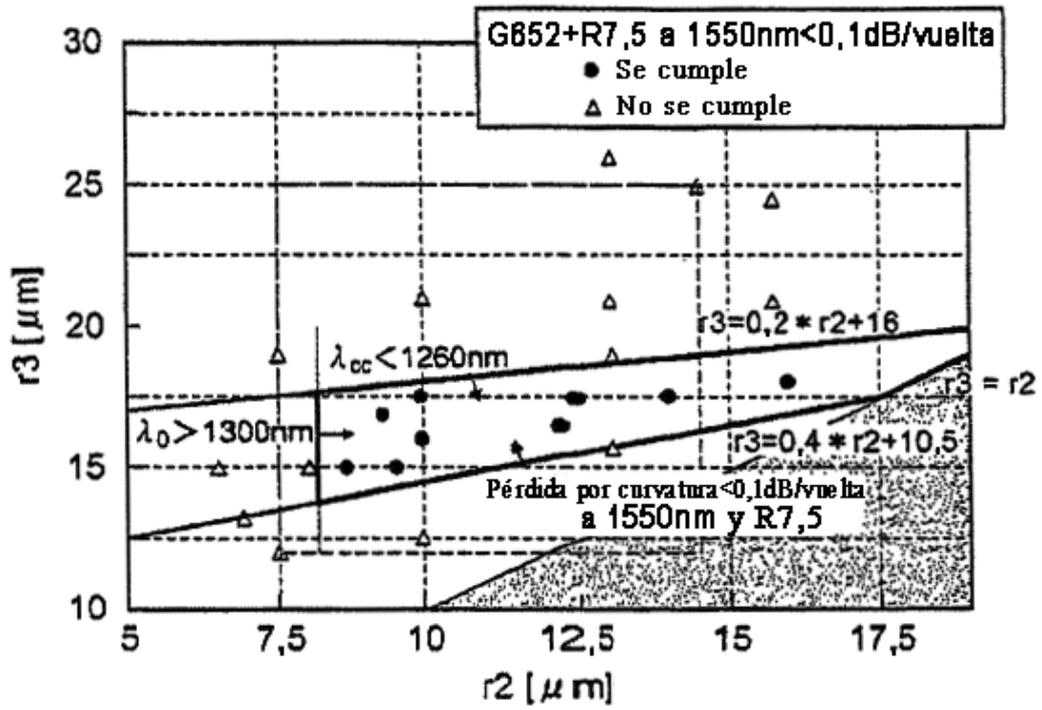


FIG. 5

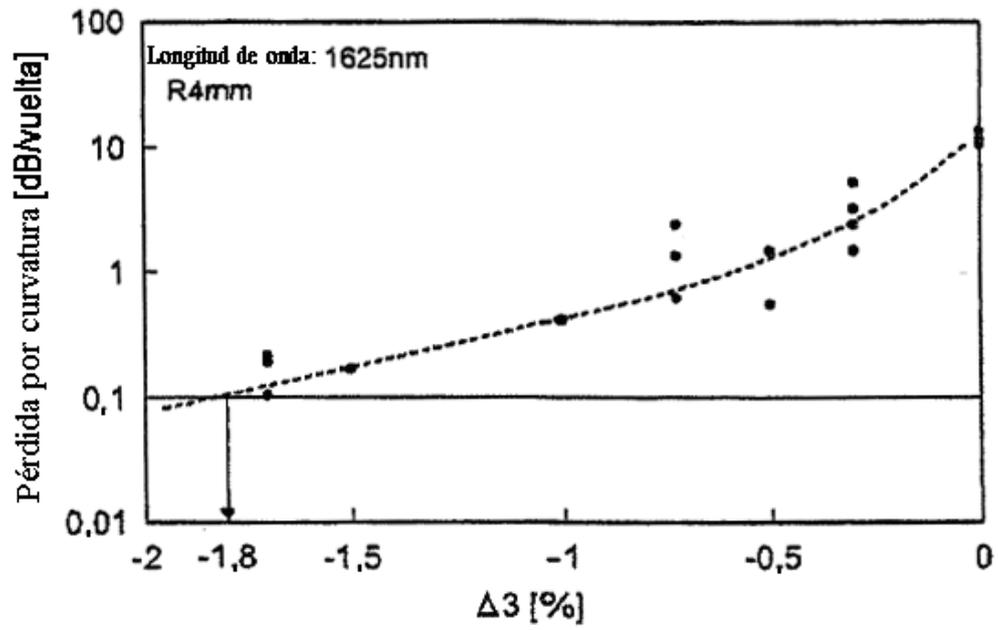


FIG 6

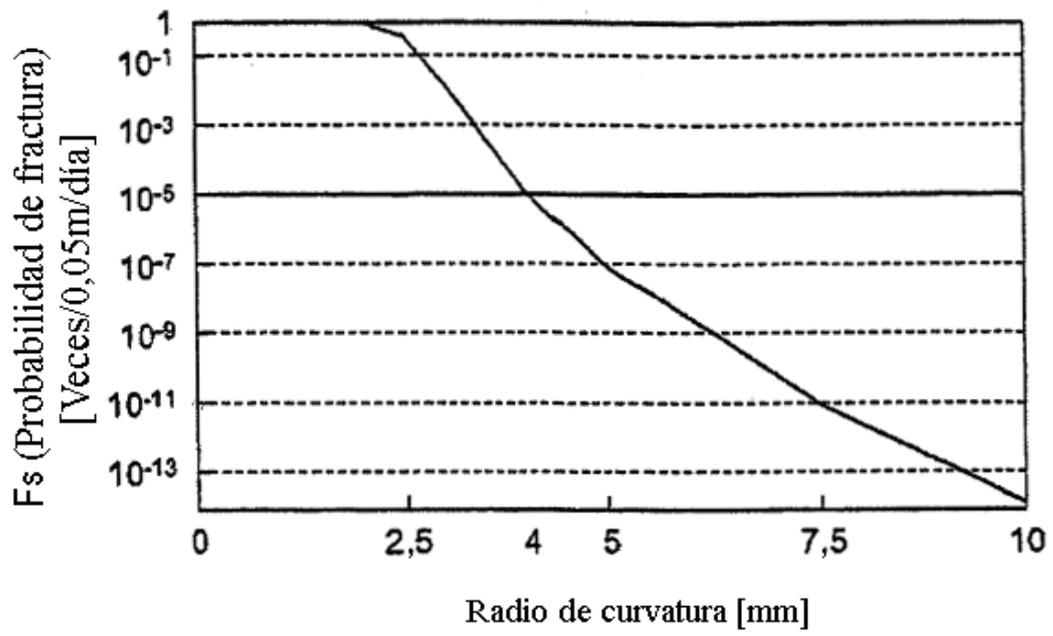


FIG. 7

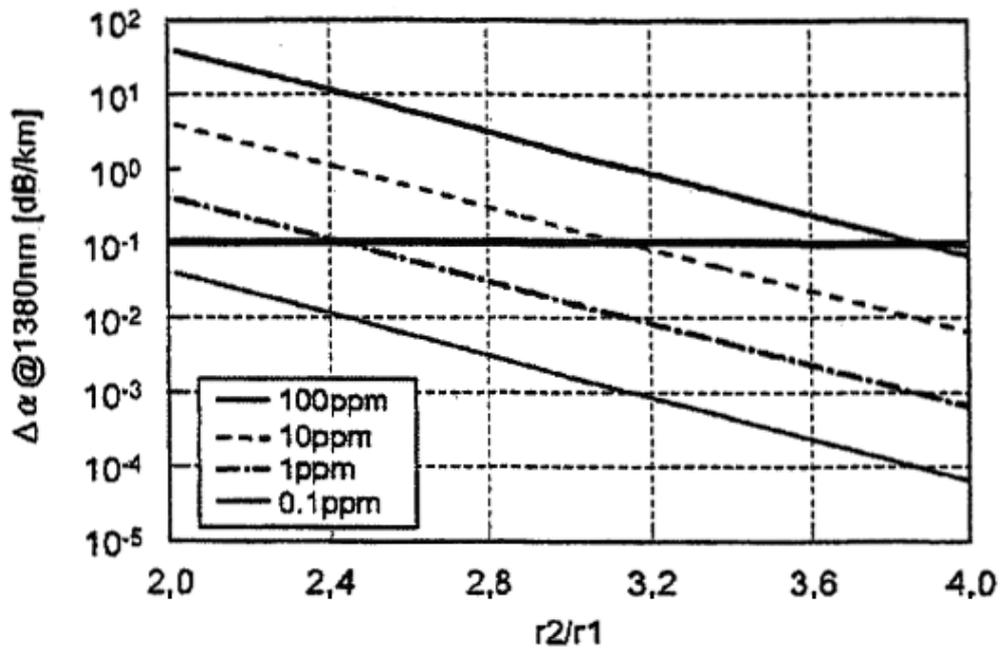


FIG. 8

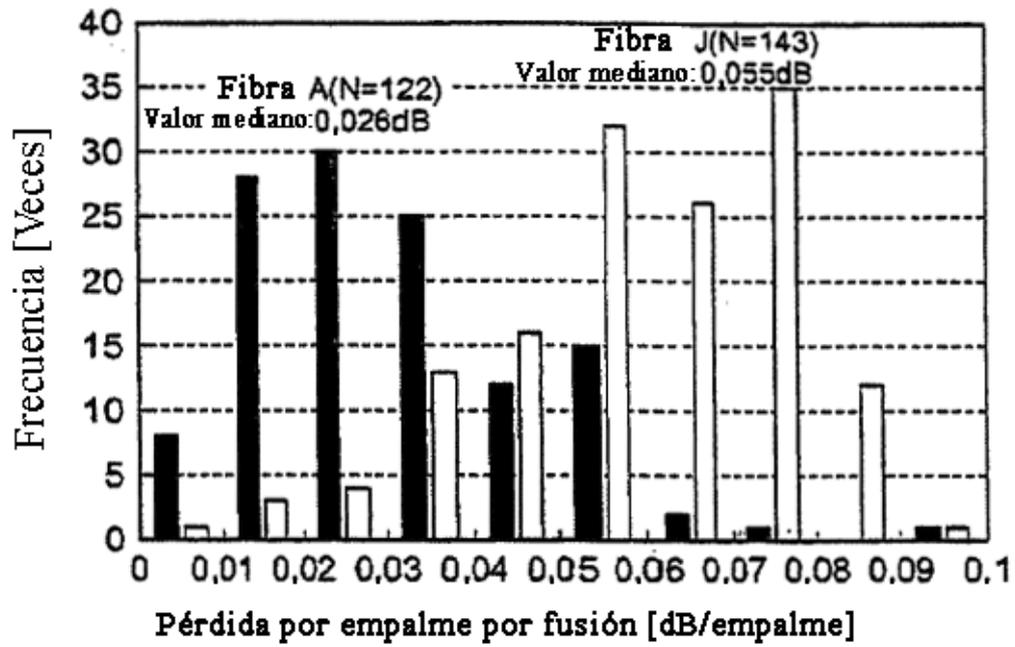


FIG 9

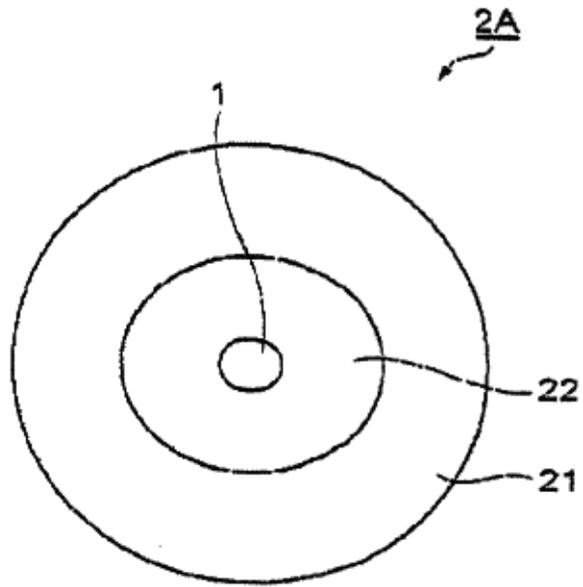


FIG. 10

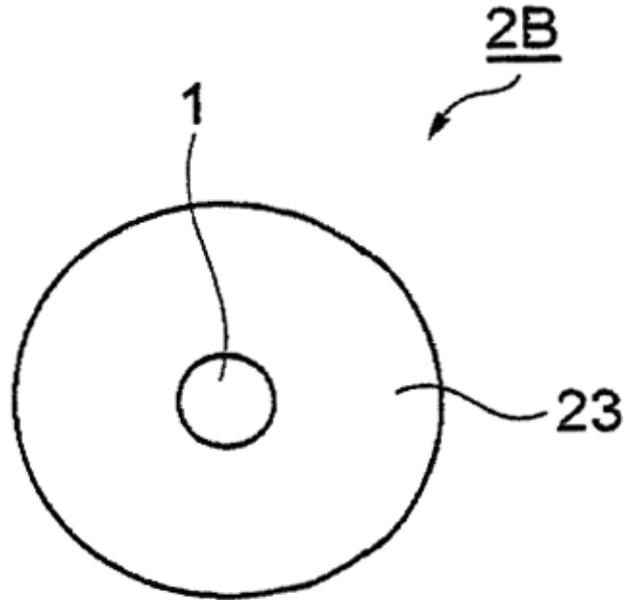


FIG. 11

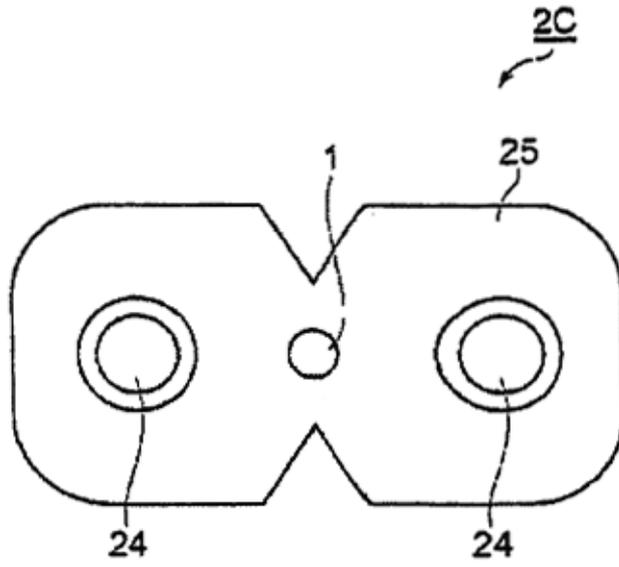


FIG. 12

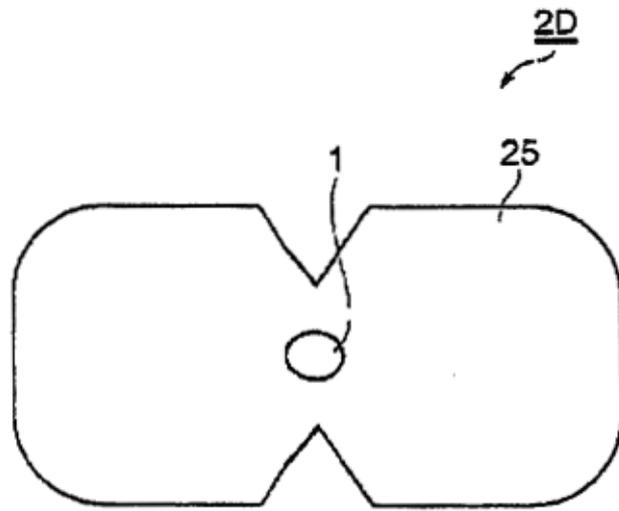


FIG. 13

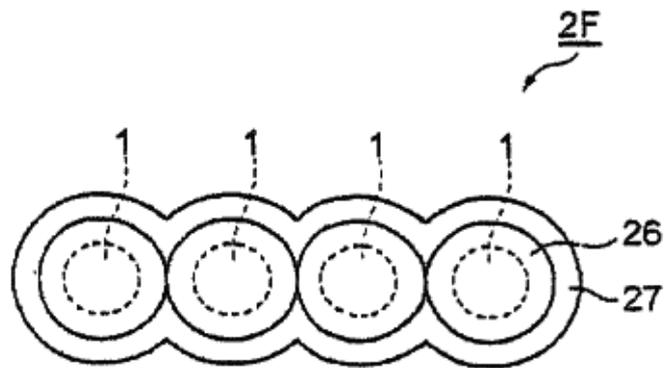


FIG 14

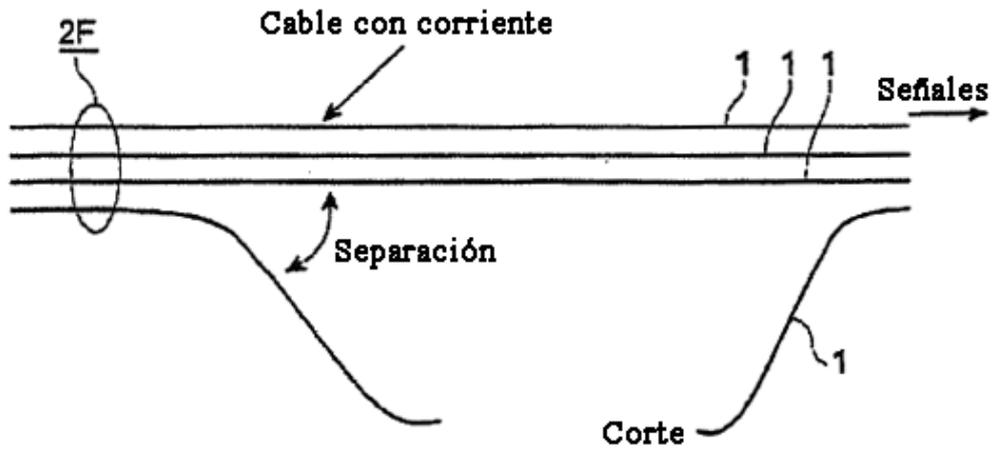


FIG 15

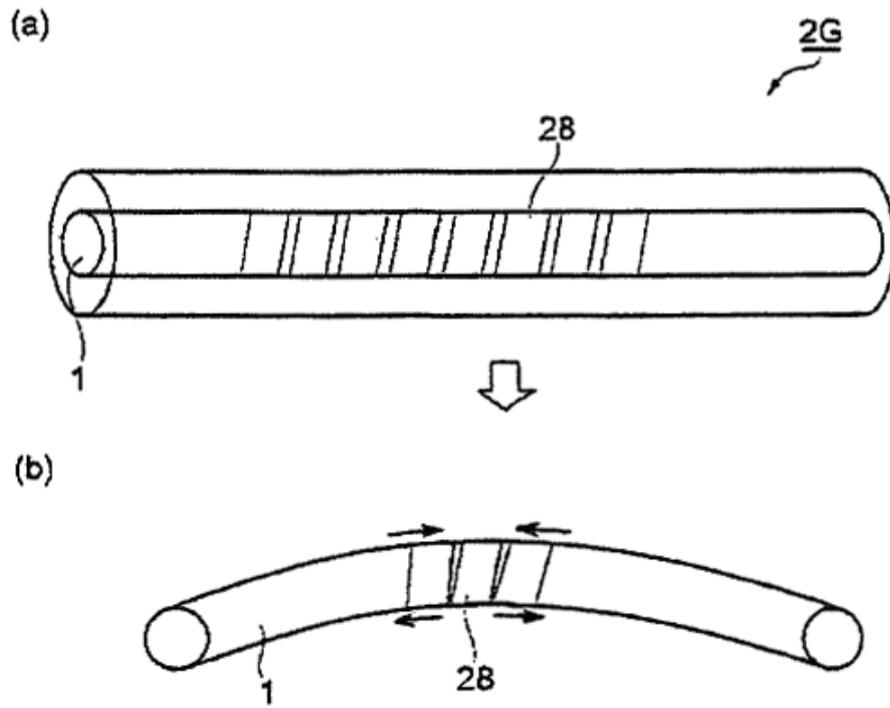


FIG. 16

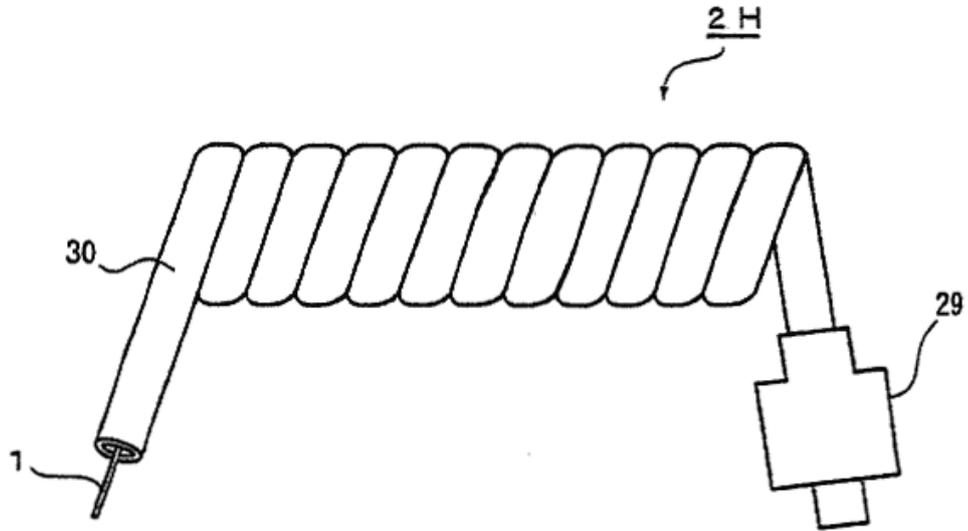


FIG. 17

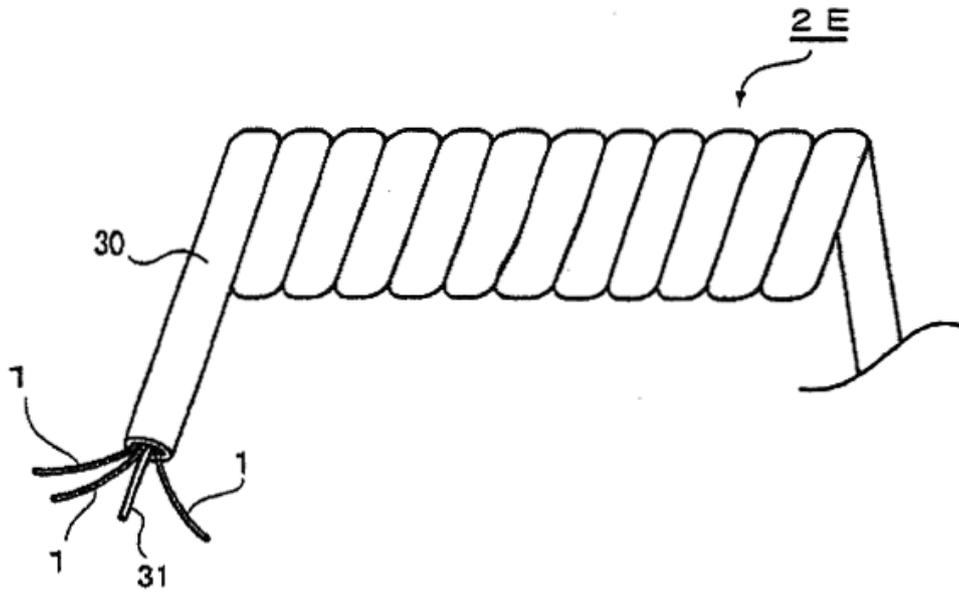


FIG. 18

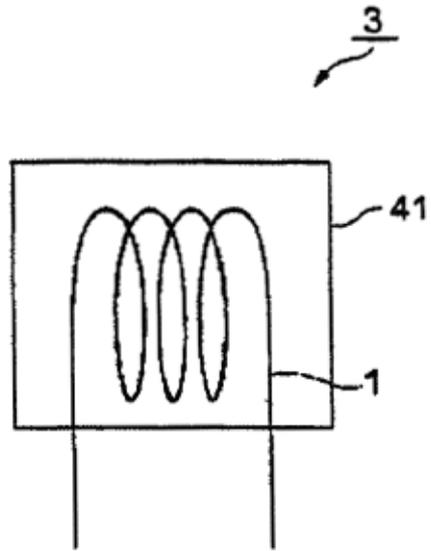


FIG. 19

