

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 431 014**

51 Int. Cl.:

G02B 6/00 (2006.01)

C08F 214/26 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.03.2010** **E 10758415 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.07.2013** **EP 2416189**

54 Título: **Fibra óptica de plástico y código de fibra óptica de plástico**

30 Prioridad:

31.03.2009 JP 2009084770

26.05.2009 JP 2009126210

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
22.11.2013

73 Titular/es:

TORAY INDUSTRIES, INC. (100.0%)
1-1, Nihonbashi-Muromachi 2-chome Chuo-ku
Tokyo 103-8666, JP

72 Inventor/es:

MAEDA, HIRONOBU;
MAESHIMA, KEIICHI;
SATO, SHINJI;
KIRIYAMA, YOSHIYUKI y
KUNIEDA, HIDEKAZU

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 431 014 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 de plástico y código de fibra óptica de plástico

Campo técnico

- 5 La presente invención se refiere a una fibra óptica de plástico y a un cordón de fibra óptica de plástico. En particular, la presente invención se refiere a una fibra óptica de plástico y a un cordón de fibra óptica de plástico que tienen un nivel de resistencia térmica tal como para aguantar el uso a una temperatura de uso real de 105°C, y por tanto son útiles para el cableado doméstico o el cableado interior de un automóvil.

Antecedentes de la técnica

- 10 Desde el punto de vista de la procesabilidad, la manejabilidad y el coste de producción, etc., una fibra óptica de plástico es más favorable que una fibra óptica a base de vidrio, y por tanto se usa de manera adecuada para la transmisión de comunicación óptica de corto alcance, sensor fotoeléctrico y guía de luz, etc.

Últimamente, se usa como cableado interior de un automóvil para la comunicación de información un cordón de fibra óptica de plástico que contiene una fibra óptica de plástico recubierta con una resina termoplástica tal como nailon (poliamida).

- 15 Cuando se usa para cableado doméstico o cableado de comunicación de automóvil, el cordón de fibra óptica de plástico se instala a menudo en una zona pequeña con una condición de alta temperatura y alta humedad de manera flexible, por tanto se requieren para el mismo propiedades tales como resistencia térmica, resistencia térmica en húmedo, resistencia al plegado y resistencia a la pérdida por flexión.

- 20 En particular, puesto que la temperatura alrededor del cableado en el techo o el compartimento para motor de un automóvil es alta, es decir, de aproximadamente 100°C, se ha esperado por un cordón de fibra óptica de plástico que satisfaga la resistencia a largo plazo al calor tal como una temperatura alta de 100 a 105°C.

- 25 El cordón de fibra óptica de plástico se une generalmente con un conector en su extremo y se usa. Puesto que una fibra óptica de plástico desnuda (sin camisa) puede recibir fácilmente un araño cuando se arranca la capa de recubrimiento sobre la superficie de un cordón de fibra óptica de plástico, se emplea un método para unir y fijar una pieza de conector mientras se mantiene la capa de recubrimiento. Cuando una capa de recubrimiento se une y se fija sobre una pieza de conector, es necesario aumentar la adhesión entre la fibra óptica de plástico desnuda (sin camisa) y la capa de recubrimiento así como la resistencia térmica, con el fin de mantener la fuerza de conectividad entre el conector y el cordón de fibra óptica de plástico.

- 30 El cordón de fibra óptica de plástico está constituido por dos tipos de polímeros, es decir, un núcleo y un revestimiento. De manera convencional, para el núcleo se ha usado un polímero tal como poli(metacrilato de metilo) (a continuación en el presente documento, puede abreviarse como PMMA) que tiene una transparencia excelente y una buena resistencia a la intemperie. Mientras tanto, para conservar la luz dentro del núcleo, se requiere un revestimiento que tenga un índice de refracción menor que el núcleo y para el revestimiento se usa ampliamente un polímero que contiene flúor.

- 35 Existe una tecnología convencional para mejorar la resistencia térmica de un cordón de fibra óptica de plástico usando PMMA como núcleo.

- 40 Se conoce un cordón de fibra óptica de plástico que usa un copolímero de α -fluoroacrilato como material de revestimiento, que es no cristalino y tiene una alta temperatura de transición vítrea, y que usa nailon 12, polipropileno o similares como material de recubrimiento. Sin embargo, el material de revestimiento a base de copolímero de α -fluoroacrilato es muy caro. Además, como la transparencia del material de revestimiento en sí misma es escasa, la pérdida de transmisión inicial también es mala. Aún adicionalmente, como la adhesión de la superficie de contacto con un núcleo es escasa, existe el problema de que propiedades mecánicas tales como la resistencia al plegado no son buenas.

- 45 Además, se conoce un cable de fibra óptica de plástico obtenido recubriendo la periferia externa de una fibra óptica de plástico sin camisa con una capa de recubrimiento compuesta por composición de resina de poliamida, en la que el primer revestimiento está compuesto por un polímero que tiene del 15 al 90% en peso de unidad de (met)acrilato de fluoroalquilo (A) y del 10 al 85% en peso de otra unidad monomérica copolimerizable (B) y el segundo revestimiento está compuesto por una resina de olefina que contiene flúor que tiene una unidad de tetrafluoroetileno. Sin embargo, el copolímero de (met)acrilato de fluoroalquilo, que se usa como material de revestimiento de una fibra
50 óptica de plástico, es sumamente caro y tiene una escasa adhesión de la superficie de contacto con el núcleo, y por tanto existe el problema de que propiedades mecánicas tales como la resistencia al plegado no son buenas.

Además, se conoce un cable de fibra óptica de plástico obtenido formando sobre la periferia externa de una fibra óptica de plástico sin camisa una capa de recubrimiento compuesta por nailon 12, en la que el núcleo está compuesto por PMMA y el revestimiento está compuesto por un terpolímero que tiene del 40 al 62% en moles de

una unidad de fluoruro de vinilideno, del 28 al 40% en moles de una unidad de tetrafluoroetileno y del 8 al 22% en moles de una unidad de hexafluoropropileno. Sin embargo, la fibra óptica de plástico en la que el material de revestimiento está compuesto por el terpolímero de fluoruro de vinilideno, tetrafluoroetileno y hexafluoropropileno tiene el problema de que tiene una escasa resistencia térmica a largo plazo y una escasa resistencia térmica en húmedo.

Además, se conoce un cable de fibra óptica obtenido formando sobre la periferia externa de una fibra óptica una capa de recubrimiento compuesta por una resina termoplástica, en la que el núcleo está compuesto por PMMA y el revestimiento está compuesto por un terpolímero que tiene del 5 al 30% en peso de una unidad de etileno, del 40 al 75% en peso de una unidad de tetrafluoroetileno y del 15 al 50% en peso de una unidad de hexafluoropropileno (documento de patente 1). Sin embargo, el copolímero de etileno/tetrafluoroetileno/hexafluoropropileno usado como material de revestimiento tiene el problema de que tiene una escasa resistencia térmica a una condición de temperatura de 105°C y no puede aguantar en absoluto el uso a una temperatura de 105°C.

Documentos de la técnica anterior

Bibliografía de patentes

Documento de patente 1: Solicitud de patente japonesa abierta a consulta por el público (JP-A) n.º 2001-074944

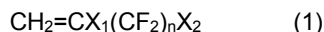
Sumario de la invención

Problema que va a resolverse mediante la invención

La presente invención consiste en proporcionar una fibra óptica de plástico y un cordón de fibra óptica de plástico que tenga un nivel de resistencia térmica tal que pueda aguantar el uso a una temperatura de uso real de 105°C.

Medios para resolver el problema

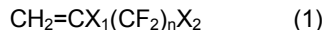
La presente invención es una fibra óptica de plástico que contiene un núcleo y un revestimiento, en la que el revestimiento está compuesto por al menos una capa, y comprendiendo el revestimiento un copolímero que comprende del 10 al 35% en peso de etileno, del 45 al 69% en peso de tetrafluoroetileno, del 20 al 45% en peso de hexafluoropropileno y del 0,01 al 10% en peso de un compuesto de fluorovinilo representado mediante la siguiente fórmula (1)



(en la fórmula, X_1 representa un átomo de flúor o un átomo de hidrógeno, X_2 representa un átomo de flúor, un átomo de hidrógeno o un grupo hidrocarbonado, y n representa un número entero de desde 1 hasta 10)

como componente de copolímero.

La presente invención es un cordón de fibra óptica de plástico que comprende al menos una capa de recubrimiento más sobre la periferia externa del revestimiento de la fibra óptica de plástico que contiene un núcleo y un revestimiento, en el que el revestimiento está compuesto por al menos una capa, y comprendiendo el revestimiento un copolímero que comprende del 10 al 35% en peso de etileno, del 45 al 69% en peso de tetrafluoroetileno, del 20 al 45% en peso de hexafluoropropileno y del 0,01 al 10% en peso de un compuesto de fluorovinilo representado mediante la siguiente fórmula (1)



(en la fórmula, X_1 representa un átomo de flúor o un átomo de hidrógeno, X_2 representa un átomo de flúor, un átomo de hidrógeno o un grupo hidrocarbonado, y n representa un número entero de desde 1 hasta 10)

como componente de copolímero.

Efecto de la invención

La fibra óptica de plástico y el cordón de fibra óptica de plástico de la presente invención pueden mantener una buena resistencia térmica y estabilidad dimensional durante un largo periodo de tiempo a una temperatura de uso real de 105°C.

Con respecto a un cordón de fibra óptica de plástico usado para la parte de control de un automóvil, por ejemplo, dirección, freno, unidad ABS, transmisión, motor y similares, la temperatura aumenta hasta aproximadamente 100°C en la parte de control. En este sentido, la fibra óptica de plástico y el cordón de fibra óptica de plástico de la presente invención pueden mantener la resistencia térmica con una reducción de la cantidad de luz de -1,0 dB o menos en particular y la estabilidad dimensional con un desplazamiento longitudinal (*pistonning*) de $\pm 0,5$ mm o menos a una temperatura de uso real de 105°C. Además, la fibra óptica de plástico y el cordón de fibra óptica de plástico de la presente invención tienen un buen equilibrio entre la resistencia térmica en húmedo, la pérdida de flexión y la

flexibilidad, etc., y por tanto son adecuados para el cableado interior de un automóvil.

La fibra óptica de plástico y el cordón de fibra óptica de plástico de la presente invención tienen excelentes propiedades de desplazamiento longitudinal, y por tanto son adecuados para el cableado doméstico.

Modos para llevar a cabo la invención

- 5 La fibra óptica de plástico de la presente invención tiene un núcleo y un revestimiento compuesto por al menos una capa.

El núcleo de la fibra óptica de plástico de la presente invención es preferiblemente un (co)polímero que tiene metacrilato de metilo (a continuación en el presente documento, también puede abreviarse como MMA) como componente principal. El (co)polímero tal como se usa en el presente documento significa tanto un polímero como un copolímero.

El núcleo de la fibra óptica de plástico de la presente invención contiene un copolímero en el que el poli(metacrilato de metilo) (PMMA) o MMA está contenido en una cantidad del 70% en peso o más. Los ejemplos del núcleo de la fibra óptica de plástico de la presente invención incluyen un copolímero tal como éster del ácido (met)acrílico, ácido (met)acrílico, estireno (sustituido) y maleimida (N-sustituida); un polímero modificado obtenido mediante su polimerización tal como anhídrido glutárico e imida glutárica; y similares. El éster del ácido (met)acrílico tal como se usa en el presente documento significa tanto éster del ácido acrílico como éster del ácido metacrílico. Estos componentes de copolímero pueden usarse como componente mayoritario, y también pueden usarse componentes distintos de ellos en una cantidad pequeña.

Los ejemplos del éster del ácido (met)acrílico que se usa preferiblemente para el núcleo de la fibra óptica de plástico de la presente invención incluyen acrilato de metilo, acrilato de etilo, metacrilato de etilo, metacrilato de butilo, metacrilato de t-butilo, metacrilato de ciclohexilo, metacrilato de bencilo, metacrilato de fenilo, metacrilato de bornilo, metacrilato de adamantilo, y similares. Los ejemplos del estireno sustituido incluyen metilestireno, α -metilestireno, y similares.

Los ejemplos de la maleimida N-sustituida que se usa preferiblemente para el núcleo de la fibra óptica de plástico de la presente invención incluyen N-isopropilmaleimida, N-ciclohexilmaleimida, N-metilmaleimida, N-etilmaleimida, N-o-metilfenilmaleimida, y similares.

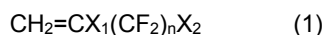
En el núcleo de la fibra óptica de plástico de la presente invención, puede incluirse un estabilizador tal como un antioxidante en una cantidad que no afecte de manera adversa a la propiedad de transmisión de luz.

Lo más preferible es que el núcleo de la fibra óptica de plástico de la presente invención esté compuesto sustancialmente por PMMA, en cuanto a productividad, propiedad de transmisión de luz y resistencia a la influencia del medioambiente, etc.

En la fibra óptica de plástico de la presente invención, el revestimiento está compuesto por al menos una capa, y preferiblemente dos o más capas. Más preferiblemente, está compuesto por dos o tres capas, y lo más preferiblemente está compuesto por dos capas.

35 Cuando el revestimiento está compuesto por una capa, el grosor de la capa de revestimiento es preferiblemente de 2 a 20 μm y de manera particularmente preferible de 5 a 15 μm . Cuando el revestimiento está compuesto por dos capas, cada grosor del primer y del segundo revestimiento es preferiblemente de 2 a 10 μm , y de manera particularmente preferible el grosor total del primer y del segundo revestimiento es de 5 a 15 μm . Cuando el revestimiento está compuesto por tres capas, cada grosor del primer, del segundo y del tercer revestimiento es preferiblemente de 2 a 7 μm , y de manera particularmente preferible el grosor total del primer, del segundo y del tercer revestimiento es de 5 a 15 μm .

Con respecto a la fibra óptica de plástico de la presente invención, es necesario que al menos una capa del revestimiento comprenda un copolímero que comprenda del 10 al 35% en peso de etileno, del 45 al 69% en peso de tetrafluoroetileno, del 20 al 45% en peso de hexafluoropropileno y del 0,01 al 10% en peso de un compuesto de fluorovinilo que se representa mediante la siguiente fórmula (1)



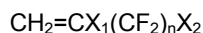
(en la fórmula (1), X_1 representa un átomo de flúor o un átomo de hidrógeno, X_2 representa un átomo de flúor, un átomo de hidrógeno o un grupo hidrocarbonado, y n representa un número entero de desde 1 hasta 10)

como componente de copolímero.

50 En particular, para mejorar la adhesión al núcleo y la resistencia térmica de la fibra óptica de plástico, es necesario que el compuesto de fluorovinilo representado mediante la fórmula (1) anterior esté contenido en una cantidad del 0,01 al 10% en peso.

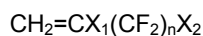
Si el compuesto de fluorovinilo representado mediante la fórmula (1) anterior no está contenido en una cantidad del 0,01 al 10% en peso y no se satisface que la composición incluya del 10 al 35% en peso de etileno, del 45 al 69% en peso de tetrafluoroetileno y del 20 al 45% en peso de hexafluoropropileno, no puede obtenerse la fibra óptica de plástico que tenga un buen rendimiento y buenas propiedades mecánicas tales como bajo índice de refracción, baja cristalinidad (ausencia de color y transparencia), adhesión al núcleo, resistencia térmica y resistencia al plegado.

El copolímero que comprende del 10 al 35% en peso de etileno, del 45 al 69% en peso de tetrafluoroetileno, del 20 al 45% en peso de hexafluoropropileno y del 0,01 al 10% en peso del compuesto de fluorovinilo representado mediante la fórmula a continuación



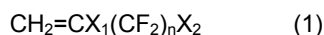
(en la fórmula, X_1 representa un átomo de flúor o un átomo de hidrógeno, X_2 representa un átomo de flúor, un átomo de hidrógeno o un grupo hidrocarbonado, y n representa un número entero de desde 1 hasta 10)

como componente de copolímero, preferiblemente tiene el 100% en peso en total de etileno, tetrafluoroetileno, hexafluoropropileno, y el compuesto de fluorovinilo representado mediante la fórmula a continuación

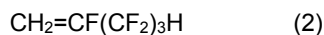


(en la fórmula (1), X_1 representa un átomo de flúor o un átomo de hidrógeno, X_2 representa un átomo de flúor, un átomo de hidrógeno o un grupo hidrocarbonado, y n representa un número entero de desde 1 hasta 10).

En particular, cuando el compuesto de fluorovinilo representado mediante la siguiente fórmula (1)



es un compuesto representado mediante la siguiente fórmula (2),



se mejora la productividad de la fibra óptica de plástico, y la fibra óptica de plástico es excelente en coste, influencia del medioambiente y calidad del producto.

Cuando el revestimiento de la fibra óptica de plástico de la presente invención está compuesto por una capa, es preferible que el revestimiento esté compuesto por una resina que tenga un índice de refracción menor que el del núcleo, y la apertura numérica teórica (AN) que se calcula a partir de los índices de refracción del núcleo y el revestimiento es de desde 0,45 hasta 0,65. La apertura numérica teórica se expresa como la diferencia entre el índice de refracción del núcleo y el índice de refracción del revestimiento tal como se describe mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Apertura numérica} = ((\text{índice de refracción del núcleo})^2 - (\text{índice de refracción del revestimiento})^2)^{1/2}.$$

La apertura numérica de la fibra óptica de plástico que incluye PMMA como núcleo y se ha comercializado hasta la fecha es de alrededor de 0,45 a 0,65, y teniendo una apertura numérica de 0,45 a 0,65 puede mantenerse la compatibilidad con componentes periféricos tales como el elemento de recepción de luz disponible comercialmente.

Cuando el revestimiento está compuesto por una capa, el copolímero del revestimiento es preferiblemente un copolímero que tiene un grupo funcional que contiene grupo carbonilo en la cadena lateral o terminal de un polímero.

Cuando un copolímero del revestimiento tiene un grupo funcional que contiene grupo carbonilo en la cadena lateral o terminal de un polímero, se mejoran adicionalmente la adhesión al núcleo y la adhesión a la capa de recubrimiento.

Cuando el revestimiento está compuesto por dos o más capas, el copolímero de la capa más externa del revestimiento es preferiblemente un copolímero que tiene un grupo funcional que contiene grupo carbonilo en la cadena lateral o terminal de un polímero. Cuando un copolímero de la capa más externa del revestimiento tiene un grupo funcional que contiene grupo carbonilo en la cadena lateral o terminal de un polímero, se mejora adicionalmente la adhesión a la capa de recubrimiento.

En cuanto al copolímero que tiene un grupo funcional que contiene grupo carbonilo en la cadena lateral o terminal de un polímero, el grupo funcional que contiene grupo carbonilo significa un grupo carbonato que tiene normalmente un enlace $-\text{OC}(=\text{O})\text{O}-$ o un haluro carboxílico que tiene una estructura de $-\text{COY}$ [Y representa un átomo de halógeno].

En particular, es preferible un grupo carbonato que contiene un flúor ($\text{RF}-\text{O}-\text{C}(=\text{O})-\text{RF}'$) o un grupo fluoruro carboxílico ($-\text{C}(=\text{O})\text{F}$). En el presente documento, RF y RF' significan un grupo funcional que contiene un átomo de flúor, por ejemplo, un grupo fluoroalquilo o un grupo fluoruro de vinilideno.

Para obtener un polímero etilénico que contiene flúor que tiene un grupo funcional que contiene grupo carbonilo en la cadena lateral o terminal de un polímero, pueden usarse diversos métodos. Desde el punto de vista de la viabilidad económica, la resistencia térmica y la resistencia química, se usa preferiblemente un método de uso de peróxido a base de peroxicarbonato como iniciador de la polimerización.

Los ejemplos del peroxicarbonato que se usa para introducir un grupo funcional que contiene grupo carbonilo en la cadena lateral o terminal de un polímero incluyen peroxidicarbonato de di-n-propilo, peroxoisopropilcarbonato de t-butilo, peroxidicarbonato de bis(4-t-butilciclohexilo), peroxidicarbonato de di-2-etilhexilo, y similares.

- 5 A continuación en el presente documento, se explicará la fibra óptica de plástico de la presente invención en la que está contenido el revestimiento compuesto por dos o más capas.

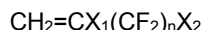
Para una fibra óptica de plástico en la que el revestimiento está compuesto por dos o más capas, el revestimiento compuesto por un copolímero que comprende del 10 al 35% en peso de etileno, del 45 al 69% en peso de tetrafluoroetileno, del 20 al 45% en peso de hexafluoropropileno y del 0,01 al 10% en peso del compuesto de fluorovinilo representado mediante la fórmula a continuación

- 10 $\text{CH}_2=\text{CX}_1(\text{CF}_2)_n\text{X}_2$

(en la fórmula, X_1 representa un átomo de flúor o un átomo de hidrógeno, X_2 representa un átomo de flúor, un átomo de hidrógeno o un grupo hidrocarbonado, y n representa un número entero de desde 1 hasta 10)

como componente de copolímero puede usarse como la capa más externa del revestimiento así como la capa más interna del revestimiento.

- 15 Cuando el revestimiento compuesto por un copolímero que comprende del 10 al 35% en peso de etileno, del 45 al 69% en peso de tetrafluoroetileno, del 20 al 45% en peso de hexafluoropropileno y del 0,01 al 10% en peso del compuesto de fluorovinilo representado mediante la fórmula a continuación



- 20 (en la fórmula, X_1 representa un átomo de flúor o un átomo de hidrógeno, X_2 representa un átomo de flúor, un átomo de hidrógeno o un grupo hidrocarbonado, y n representa un número entero de desde 1 hasta 10)

como componente de copolímero se usa como la capa más externa del revestimiento, es preferible que la capa más interna del revestimiento sea un revestimiento compuesto por un copolímero que tenga unidades de fluorovinilideno y tetrafluoroetileno como componente de copolímero. Cuando la capa más interna del revestimiento comprende el copolímero que tiene unidades de fluoruro de vinilideno y tetrafluoroetileno como componente de copolímero, se mejoran adicionalmente la resistencia al plegado y la resistencia química de la fibra óptica de plástico de la presente invención, y por tanto se potencia más la adhesión al núcleo u otra capa de revestimiento.

- 25 Cuando el revestimiento compuesto por un copolímero que comprende del 10 al 35% en peso de etileno, del 45 al 69% en peso de tetrafluoroetileno, del 20 al 45% en peso de hexafluoropropileno y del 0,01 al 10% en peso del compuesto de fluorovinilo representado mediante la fórmula a continuación

- 30 $\text{CH}_2=\text{CX}_1(\text{CF}_2)_n\text{X}_2$

(en la fórmula, X_1 representa un átomo de flúor o un átomo de hidrógeno, X_2 representa un átomo de flúor, un átomo de hidrógeno o un grupo hidrocarbonado, y n representa un número entero de desde 1 hasta 10)

- 35 como componente de copolímero se usa como la capa más interna del revestimiento, es preferible que la capa más externa del revestimiento sea un revestimiento compuesto por un copolímero que tenga unidades de fluoruro de vinilideno y tetrafluoroetileno como componente de copolímero. Cuando la capa más externa del revestimiento comprende el copolímero que tiene unidades de fluoruro de vinilideno y tetrafluoroetileno como componente de copolímero, se mejoran adicionalmente la resistencia al plegado y la resistencia química de la fibra óptica de plástico de la presente invención, y por tanto se potencia más la adhesión a la capa de recubrimiento.

- 40 Los ejemplos preferidos del copolímero que tiene unidades de fluoruro de vinilideno y tetrafluoroetileno incluyen (1) un copolímero que comprende del 35 al 60% en peso de fluoruro de vinilideno, del 35 al 60% en peso de tetrafluoroetileno y del 5 al 30% en peso de hexafluoropropileno como componente de copolímero; (2) un copolímero que comprende del 10 al 35% en peso de fluoruro de vinilideno, del 45 al 75% en peso de tetrafluoroetileno, del 10 al 30% en peso de hexafluoropropileno y del 1 al 10% en peso de perfluoroalquil vinil éter como componente de copolímero; (3) un copolímero que comprende del 65 al 85% en peso de fluoruro de vinilideno y del 15 al 35% en peso de tetrafluoroetileno como componente de copolímero; y similares.

- 45 Los ejemplos de los perfluoroalquil vinil éteres incluyen $\text{CF}_2=\text{CFOCF}_3$, $\text{CF}_2=\text{CFOCF}_2\text{CF}_3$, $\text{CF}_2=\text{CFOCF}_2\text{CF}_2\text{CF}_3$, $\text{CF}_2=\text{CFOCH}_2\text{CF}_3$, $\text{CF}_2=\text{CFOCH}_2\text{CF}_2\text{CF}_3$, $\text{CF}_2=\text{CFOCH}_2\text{CF}_2\text{CF}_2\text{CF}_3$, $\text{CF}_2=\text{CFOCH}_3$, $\text{CF}_2=\text{CFOCH}_2\text{CH}_3$, y similares. Desde el punto de vista de la reducción del coste de los materiales de partida, los ejemplos particularmente preferidos de los perfluoroalquil vinil éteres incluyen una unidad de compuesto seleccionada de un grupo que

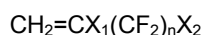
- 50 consiste en $\text{CF}_2=\text{CFOCF}_3$, $\text{CF}_2=\text{CFOCF}_2\text{CF}_3$ y $\text{CF}_2=\text{CFOCF}_2\text{CF}_2\text{CF}_3$.

El copolímero que tiene unidades de fluoruro de vinilideno y tetrafluoroetileno es preferiblemente un copolímero que comprende del 13 al 30% en peso de fluoruro de vinilideno, del 50 al 70% en peso de tetrafluoroetileno, del 13 al 27% en peso de hexafluoropropileno y del 2 al 8% en peso de perfluoroalquil vinil éter como componente de

copolímero. Más preferiblemente, es un copolímero que comprende del 16 al 25% en peso de fluoruro de vinilideno, del 55 al 65% en peso de tetrafluoroetileno, del 16 al 22% en peso de hexafluoropropileno y del 2 al 6% en peso de perfluoroalquil vinil éter como componente de copolímero.

- 5 Además, el copolímero que tiene unidades de fluoruro de vinilideno y tetrafluoroetileno es preferiblemente un copolímero que comprende del 35 al 55% en peso de fluoruro de vinilideno, del 35 al 50% en peso de tetrafluoroetileno y del 5 al 15% en peso de hexafluoropropileno como componente de copolímero, o un copolímero que comprende del 70 al 80% en peso de fluoruro de vinilideno y del 20 al 30% en peso de tetrafluoroetileno como componente de copolímero.

- 10 Cuando el revestimiento compuesto por un copolímero que comprende del 10 al 35% en peso de etileno, del 45 al 69% en peso de tetrafluoroetileno, del 20 al 45% en peso de hexafluoropropileno y del 0,01 al 10% en peso del compuesto de fluorovinilo representado mediante la fórmula a continuación



(en la fórmula, X_1 representa un átomo de flúor o un átomo de hidrógeno, X_2 representa un átomo de flúor, un átomo de hidrógeno o un grupo hidrocarbonado, y n representa un número entero de desde 1 hasta 10)

- 15 como componente de copolímero se usa como la capa más externa del revestimiento, es preferible que la capa más interna del revestimiento esté compuesta por un copolímero que tenga una unidad de metacrilato de perfluoroalquilo. Cuando la capa más interna del revestimiento comprende el copolímero que tiene una unidad de metacrilato de perfluoroalquilo, se mejoran adicionalmente las características térmicas, por ejemplo, resistencia térmica y resistencia térmica en húmedo, de la fibra óptica de plástico de la presente invención.
- 20 En cuanto al copolímero que tiene una unidad de metacrilato de perfluoroalquilo, es preferible un copolímero que comprende del 60 al 95% en peso del metacrilato de perfluoroalquilo descrito a continuación,



(con la condición de que R represente un átomo de flúor o un átomo de hidrógeno, m sea 1 ó 2, y n represente un número entero de desde 1 hasta 10)

- 25 y del 5 al 40% en peso de metacrilato de metilo como componente de copolímero en cuanto a transparencia y resistencia térmica.

El metacrilato de perfluoroalquilo descrito a continuación



- 30 (R representa un átomo de flúor o un átomo de hidrógeno, m es 1 ó 2, y n representa un número entero de desde 1 hasta 10)

es favorable porque el copolímero no experimenta ningún enturbiamiento ni amarillamiento, tiene buenas propiedades mecánicas y, cuando se prepara como la fibra óptica de plástico, muestra una buena propiedad de transmisión de luz, resistencia térmica y resistencia al plegado, etc.

- 35 Más preferiblemente, con respecto a la fibra óptica de plástico de la presente invención, el copolímero que tiene una unidad de metacrilato de perfluoroalquilo es un copolímero que comprende del 60 al 95% en peso del metacrilato de perfluoroalquilo descrito a continuación,



(R representa un átomo de flúor o un átomo de hidrógeno y n representa un número entero de desde 1 hasta 4)

y del 5 al 40% en peso de metacrilato de metilo como componente de copolímero.

- 40 El metacrilato de perfluoroalquilo, que se usa preferiblemente en la presente invención, puede copolimerizar ésteres del ácido (met)acrílico distintos de MMA, teniendo el ácido metacrílico un hidrocarburo alicíclico en el éster, ácido (met)acrílico, estireno (sustituido), maleimida (N-sustituida), o similares en torno al 10% en peso o menos.

- El valor de velocidad de flujo de la masa fundida (a continuación en el presente documento, puede abreviarse como MFR) del revestimiento usado para la fibra óptica de plástico de la presente invención es en general preferiblemente de desde 10 hasta 100 g/10 min. (condición: temperatura 265°C, carga 5 kg, diámetro del orificio 2 mm, longitud 8 mm). El intervalo particularmente preferido de MFR es de desde 20 hasta 60 g/10 min. Cuando la MFR es de desde 10 hasta 100 g/10 min., la extrusión se vuelve más fácil de modo que puede llevarse a cabo suavemente la hilatura. Además, cuando la MFR es de desde 10 hasta 100 g/10 min., la adhesión al núcleo o el revestimiento de múltiples capas pueden mantenerse a un nivel apropiado y puede obtenerse una excentricidad favorable de modo
- 50 que se inhibe la variación en el diámetro externo de la fibra óptica de plástico.

El diámetro externo de la fibra óptica de plástico de la presente invención es en general de desde 0,1 hasta 3 mm más o menos. Además, desde el punto de vista de la fuerza para el cableado para un interior de un automóvil y la manejabilidad, etc., el diámetro ϕ del núcleo es preferiblemente de desde 0,7 hasta 1,5 mm.

- 5 Un cordón de fibra óptica de plástico de la presente invención comprende además al menos una capa de recubrimiento recubierta sobre la periferia externa del revestimiento de la fibra óptica de plástico de la presente invención. El cordón de fibra óptica de plástico de la presente invención está recubierto preferiblemente con de una o más a tres o menos capas de recubrimiento.

- 10 Cuando se recubre una capa de recubrimiento, el grosor de la capa de recubrimiento es preferiblemente de 0,05 mm a 3,0 mm, y de manera particularmente preferible de 0,1 mm a 1,5 mm. Cuando se recubren dos capas de recubrimiento, cada grosor de la primera capa de recubrimiento y la segunda capa de recubrimiento es preferiblemente de 0,05 mm a 1,0 mm, y de manera particularmente preferible el grosor total de la primera capa de recubrimiento y la segunda capa de recubrimiento es de 0,1 mm a 1,5 mm.

- 15 La capa de recubrimiento tiene preferiblemente una resina termoplástica como componente principal. Los ejemplos preferidos de la resina termoplástica que puede usarse incluyen una resina de poliolefina tal como polietileno y polipropileno, o su copolímero, producto mixto, un elastómero de olefina que contiene un grupo silano orgánico, una resina de poliamida tal como nailon 12, un elastómero de poliamida, un copolímero de etileno-acetato de vinilo, poli(cloruro de vinilo), polifluorovinilideno, una resina de poliéster, un elastómero de poliéster, o una resina de elastómero de poliuretano, una resina fluorada, una poliolefina reticulada, y similares. En particular, la resina de poliamida o resina de poliolefina se usa preferiblemente como capa de recubrimiento.

- 20 En particular, cuando una resina que tiene una resina de poliamida o polipropileno como componente principal se usa como capa de recubrimiento, se mejoran la resistencia al aceite, la resistencia al desgaste, la resistencia térmica, la resistencia al impacto, y similares, y por tanto es favorable para el cableado interior de un automóvil. En particular, cuando se usa la resina de poliamida como capa de recubrimiento, se potencia adicionalmente la adhesión al material de revestimiento en la capa más externa de modo que se inhibe el desplazamiento longitudinal, y por tanto es especialmente deseable.

- 25 La resina de poliamida tal como se usa en la presente invención significa un homopolímero tal como nailon 6, nailon 66, nailon 10, nailon 11 y nailon 12, o un copolímero o una combinación de polímero que contiene estos monómeros en una cantidad del 50% en peso o más. También puede contener, además de un plastificante y un retardador de la llama, un agente estabilizante tal como un antioxidante, un agente antienviejecimiento y un agente estabilizante frente a UV, o negro de carbón, un pigmento y un tinte para la coloración.

- 30 La resina que tiene polipropileno como componente principal tal como se usa en la presente invención significa un copolímero que contiene reticulación con polipropileno o polietileno, etc., o su mezcla, y la resina también puede contener, además de un retardador de la llama, un agente estabilizante tal como un antioxidante, un agente antienviejecimiento y un agente estabilizante frente a UV, o un pigmento para la coloración. En cuanto a la resina que tiene polipropileno como componente principal, puede usarse un producto disponible comercialmente que tiene características tales como un límite de alargamiento por extensión de 20 a 35 MPa (norma ASTM D638), una elasticidad de flexión de 1,1 a 1,7 GPa (norma ASTM D790), una dureza Rockwell (R) de 80 a 110 (norma JIS-K7202) y una temperatura de deflexión bajo carga de 105 a 130°C (norma JIS-K7207, 0,45 MPa).

- 35 El cordón de fibra óptica de plástico de la presente invención tiene preferiblemente una estructura de recubrimiento de capa única que tiene sólo una capa de recubrimiento, o una estructura de recubrimiento de doble capa que tiene la primera capa de recubrimiento y la segunda capa, recubriéndose la segunda capa de recubrimiento adicionalmente sobre la periferia externa de la capa de recubrimiento.

A continuación se explica el cordón de fibra óptica de plástico con una estructura de recubrimiento de capa única en la que se incluye sólo una capa de recubrimiento.

- 45 La capa de recubrimiento del cordón de fibra óptica de plástico con una estructura de recubrimiento de capa única es preferiblemente una resina que tiene una resina de poliamida o polipropileno como componente principal. Más preferiblemente, es una resina que tiene polipropileno como componente principal.

A continuación se explica el cordón de fibra óptica de plástico con una estructura de recubrimiento de doble capa en la que se incluyen la primera capa de recubrimiento y la segunda capa.

- 50 Para el cordón de fibra óptica de plástico que tiene una estructura de recubrimiento de doble capa, cuando se usa una resina que tiene una resina de poliamida como componente principal como capa más interna, es decir, la primera capa de recubrimiento, se mejoran la resistencia al aceite, la resistencia al desgaste, la resistencia térmica, y la resistencia al impacto y es favorable para el cableado interior de un automóvil, y por tanto es deseable.

- 55 Más preferiblemente, para la primera capa de recubrimiento del cordón de fibra óptica de plástico de la presente invención, se usa una resina que tiene nailon 12 como componente principal.

En la presente invención, la resina que tiene nailon 12 como componente principal significa un homopolímero tal como nailon 12, o un copolímero o una combinación de polímero que contiene estos monómeros en una cantidad del 50% en peso o más. También puede contener, además de un plastificante y un retardador de la llama, un agente estabilizante tal como un antioxidante, un agente antienviejecimiento y un agente estabilizante frente a UV, negro de carbón, un pigmento y un tinte para la coloración, o similares. La resina que tiene nailon 12 como componente principal puede usar un producto disponible comercialmente que tiene características tales como una elasticidad de flexión de 1,0 a 2,0 GPa, un límite de alargamiento por extensión de 30 a 55 MPa y una temperatura de deflexión bajo carga de 135 a 150°C (0,45 MPa).

Para el cordón de fibra óptica de plástico de la presente invención, es preferible que la segunda capa de recubrimiento sea más flexible que la primera capa de recubrimiento.

Para el cordón de fibra óptica de plástico que tiene una estructura de recubrimiento de doble capa en la que se incluyen la primera capa de recubrimiento y la segunda capa, puede usarse preferiblemente un copolímero con otros nailon tales como nailon 12 y nailon 6 que contiene un plastificante o un elastómero de poliamida que es un copolímero en bloque con poliéter, poliéster, o similares, como una capa más externa, es decir, la segunda capa de recubrimiento. En cuanto a la segunda capa de recubrimiento, también pueden usarse diversos elastómeros tales como elastómero termoplástico incluyendo elastómero de poliéster, elastómero de poliolefina, elastómero de poliuretano, elastómero de poliestireno, y similares, poli(cloruro de vinilo), o un copolímero de etileno con acrilato o acetato de vinilo. La segunda capa de recubrimiento está compuesta preferiblemente por poliamida y/o un elastómero termoplástico. La segunda capa de recubrimiento también puede contener, además de un retardador de la llama, un agente estabilizante tal como un antioxidante, un agente antienviejecimiento y un agente estabilizante frente a UV, negro de carbón, un pigmento y un tinte para la coloración, o similares. Puede incorporarse adicionalmente un elemento de tensión tal como Kevlar en un espacio junto a la primera capa de recubrimiento.

A continuación se explicará la capa de recubrimiento en cuanto al rendimiento y al uso del cordón de fibra óptica de plástico.

Para que el cordón de fibra óptica de plástico presente un rendimiento suficiente en un techo o un compartimento para motor de un automóvil, se requiere particularmente resistencia térmica además de resistencia al aceite, resistencia al desgaste y resistencia al impacto. Para que la capa de recubrimiento aplicada sobre la periferia externa de la fibra óptica de plástico tenga resistencia al aceite, resistencia al desgaste, resistencia al impacto y resistencia térmica satisfactorias, y que también tenga menos descomposición térmica o movimiento molecular a alta temperatura de 105°C y tenga un desplazamiento longitudinal de $\pm 0,5$ mm o menos tras un tratamiento térmico a 105°C durante 24 horas a una longitud de 50 cm, es importante mejorar la adhesión a la capa más externa del revestimiento. Para realizar esto, es necesario fortalecer la afinidad y la interacción entre ellos.

Además, para el cordón de fibra óptica de plástico usado en un techo o un compartimento para motor de un automóvil, con el fin de que la capa de recubrimiento aplicada sobre la periferia externa de la fibra óptica de plástico tenga preferiblemente una fuerza de adhesión de 30 N o más a la capa de recubrimiento a una longitud de 30 mm, es importante mejorar la adhesión a la capa más externa del revestimiento. Para realizar esto, es deseable fortalecer la afinidad y la interacción entre ellos.

Desde este punto de vista, para el cordón de fibra óptica de plástico usado en un techo o un compartimento para motor de un automóvil, se usa preferiblemente una resina de poliamida, una resina de poliolefina, un elastómero de poliéster, un elastómero de poliolefina o una poliolefina reticulada como capa de recubrimiento. Los ejemplos de la resina de poliolefina incluyen polietileno, polipropileno, poliisobutileno, polibutadieno, y similares. De estos, se usan de manera particularmente preferible la resina de poliamida, polipropileno, y su copolímero, y una resina que contiene su mezcla como componente principal.

Para el cordón de fibra óptica de plástico usado para la comunicación interior de un automóvil, se usa preferiblemente una resina que contiene nailon 12 o polipropileno como componente principal como capa de recubrimiento. Desde el punto de vista de la resistencia al aceite, la resistencia al desgaste, la resistencia térmica y la resistencia al impacto que son las características requeridas para el uso de la comunicación interior de un automóvil, es particularmente preferible usar nailon 12.

Cuando el cordón de fibra óptica de plástico de la presente invención tiene tres o más capas de recubrimiento, la capa de recubrimiento más interna es preferiblemente una capa de recubrimiento que contiene poliamida como componente principal. La capa de recubrimiento más externa es preferiblemente una capa de recubrimiento que contiene poliamida y/o un elastómero termoplástico como componente principal.

Para el cordón de fibra óptica de plástico de presente invención, es preferible que el desplazamiento longitudinal a una longitud de 50 cm tras un tratamiento térmico a 105°C durante 24 horas sea de $\pm 0,5$ mm o menos. El desplazamiento longitudinal indica un estado de cambio en la forma de un cordón de fibra óptica de plástico en un entorno resistente al calor en el que se provoca el cambio mediante contracción térmica de una capa de recubrimiento, o que sobresalga o se introduzca la fibra óptica de plástico debido a una escasa adhesión entre la capa de recubrimiento y la fibra óptica de plástico. El método para medir el desplazamiento longitudinal a una

longitud de 50 cm se describirá en la sección de ejemplos a continuación.

Cuando el desplazamiento longitudinal es mayor que $\pm 0,5$ mm, puede producirse mala conexión con un conector de luz. Además, como una parte que recibe luz y una parte que emite luz juntas tienen más de 1 mm, la fiabilidad del enlace óptico se altera cuando se une un manguito para un conector de luz y se conecta a una parte que recibe luz y una parte que emite luz, y por tanto puede volverse un problema. Cuando el desplazamiento longitudinal es $\pm 0,5$ mm o menos, una parte que recibe luz y una parte que emite luz juntas pueden tener 1 mm o menos, y por tanto puede obtenerse la precisión de la posición dentro del intervalo de tolerancia.

Según la presente invención, es preferible que la adhesión entre la capa de recubrimiento y la fibra óptica de plástico a una longitud de 30 mm de la periferia externa de la fibra óptica de plástico sea de 30 N o más. El método para medir la adhesión entre la capa de recubrimiento y la fibra óptica de plástico a una longitud de 30 mm se describirá en la sección de ejemplos a continuación.

Si la fuerza de adhesión es menor que 30 N, pueden separarse una fibra óptica de plástico sin camisa y una capa de recubrimiento una de otra, cuando se retira un cordón de fibra óptica de plástico, y puede introducirse la sección transversal de la fibra óptica de plástico, y por tanto se altera la credibilidad del enlace óptico. Además, puede producirse un desplazamiento longitudinal según el cambio en el entorno de uso, por tanto es preferible 30 N o más. Una fuerza de adhesión más preferible es de 35 N o más. Una fuerza de adhesión particularmente preferible es de 40 N o más. Para la fibra óptica de plástico que tiene un diámetro externo de 1000 μm , la fuerza de adhesión es de manera particularmente preferible de desde 40 hasta 100 N. Cuando la fuerza de adhesión es de desde 40 hasta 100 N, la fuerza de adhesión no es mayor que la resistencia a la rotura de la fibra óptica de plástico, por tanto la fibra óptica de plástico no se rompe.

A continuación en el presente documento, se explica un método para producir la fibra óptica de plástico de la presente invención.

La fibra óptica de plástico de la presente invención puede producirse mediante un método de procedimiento general. Por ejemplo, se usa preferiblemente la hilatura conjugada que incluye la formación de una estructura de envoltura del núcleo que tiene una doble capa de núcleo y revestimiento mediante la expulsión de un material de núcleo y un material de revestimiento en el estado de fusión por calor a partir de una hilera conjugada para la conjugación con una forma multicircular. Además, se usa preferiblemente un método de hilatura conjugada de formación de una estructura de núcleo-envoltura que tiene una triple capa de núcleo/primer revestimiento/segundo revestimiento, por ejemplo.

Después, con el propósito de mejorar la resistencia mecánica en general, se realiza un tratamiento de estiramiento hasta de 1,2 a 3 veces para proporcionar una fibra óptica de plástico.

A continuación en el presente documento, se explica un método para producir el cordón de fibra óptica de plástico.

Para el cordón de fibra óptica de plástico, se emplea la fibra óptica de plástico descrita anteriormente como una fibra sin camisa y se forma al menos una capa de recubrimiento sobre la superficie externa de la fibra para proporcionar el cordón de fibra óptica de plástico. La capa de recubrimiento puede formarse según un moldeo por extrusión de masa fundida usando una boquilla de cruceta.

Se administra la fibra óptica de plástico preferiblemente transportada por una máquina transportadora de hilo y similar con tensión de suministro de 50 a 1400 g a un extremo trasero de una boquilla de cruceta y se adhiere en estado fundido un material de recubrimiento en un estado fundido por calor, que se extruye desde una boquilla de una prensa extrusora, alrededor de la fibra óptica de plástico, y como resultado se recubre el cordón de fibra óptica de plástico. Además, con el propósito de prevenir el deterioro de la propiedad de transmisión de luz debido al aumento de calorías de calor recibidas por la fibra óptica de plástico por unidad de horas, también es posible tener una etapa de enfriamiento rápido y solidificación del material de recubrimiento para formar una capa de enfriamiento, una vez que el material de recubrimiento se adhiere en estado fundido alrededor de la fibra óptica de plástico. El medio de enfriamiento usado para la etapa de enfriamiento puede ser agua en general. Sin embargo, también puede usarse otro medio de enfriamiento.

Ejemplos

A continuación en el presente documento, se explica la presente invención con más detalle en vista de los ejemplos. Se llevaron a cabo las evaluaciones según el método descrito a continuación.

Índice de refracción:

Se llevó a cabo la medición en condición de temperatura ambiente de 25°C usando un refractómetro Abbe como dispositivo de medición.

Propiedad de transmisión de luz:

Con luces en paralelo de halógeno (longitud de onda de 650 nm, AN de luz incidente = 0,25), se llevó a cabo la

medición según el método del corte 30/2 m. A un resultado de 150 dB/km o menos se le proporcionó "pasa".

Veces de flexión cíclica:

- 5 Se aplicó una carga de 500 g a un extremo de un cordón recubierto con el primer recubrimiento, y mientras se soportaba el cordón con un mandril que tenía diámetro ϕ de 30 mm, se sometió el otro extremo de la fibra a flexiones cíclicas a un ángulo de 90° que tenía un centro en el punto de soporte, y se midió el número de plegados hasta la rotura del cordón. Se midió cinco veces el número de flexiones cíclicas, y al valor promedio de 50.000 o más se le proporcionó "pasa".

Resistencia térmica:

- 10 En un horno de alta temperatura (PHH-200, fabricado por TABAI ESPEC), se mantuvo un cordón de fibra óptica de plástico con una longitud de prueba de 22 m (se colocan 2 m en cada extremo fuera del horno) durante 1000 horas a 105°C. Se midió la cantidad de luz antes y después de la prueba, y se realizó un seguimiento del cambio en la cantidad de luz ("menos" indica una disminución en la cantidad de luz). Se midió el cambio en la cantidad de luz antes y después de la prueba tres veces, y al cambio promedio en la cantidad de luz de -1,0 dB o menos se le proporcionó "pasa".

- 15 Resistencia térmica en húmedo:

Se midió el cambio en la cantidad de luz antes y después de la prueba tres veces de la misma manera que la medición de la resistencia térmica en la condición que incluía temperatura de 85°C y humedad del 85%. A un cambio promedio en la cantidad de luz de -1,5 dB o menos se le proporcionó "pasa".

Pérdida por flexión:

- 20 Se midió la cantidad de luz de un cordón de fibra óptica de plástico (longitud de prueba: 3 m) usando LED (diodo emisor de luz) de 660 nm. Se enrolló el cordón de fibra óptica de plástico 360 grados alrededor de una varilla metálica con radio de 10 mm, y luego se midió la cantidad de luz. Se midió la disminución de la cantidad de luz según lo absorbido. Se midió tres veces la disminución de la cantidad de luz, y a una disminución promedio en la cantidad de luz de 1 dB o menos se le proporcionó "pasa".

- 25 Desplazamiento longitudinal:

En un horno de alta temperatura (PHH-200, fabricado por TABAI ESPEC), se mantuvo un cordón de fibra óptica de plástico con una longitud de prueba de 50 cm durante 24 horas a 105°C. Después de eso, se examinó la sección del cordón del cordón de fibra óptica de plástico antes y después de la prueba usando un microscopio pequeño (nombre comercial: STM6, fabricado por Olympus).

- 30 Cuando la fibra óptica de plástico sobresale en la punta de la capa de recubrimiento, la distancia desde la punta de la capa de recubrimiento hasta la punta de la fibra óptica de plástico que sobresale corresponde a una parte de desplazamiento longitudinal y se determina como - (menos). Cuando la fibra óptica de plástico se introduce en la punta de la capa de recubrimiento, la distancia desde la punta de la capa de recubrimiento hasta la punta de la fibra óptica de plástico que se introduce corresponde a una parte de desplazamiento longitudinal y se determina como + (más). A un desplazamiento longitudinal de $\pm 0,5$ mm o menos se le proporcionó "pasa".

Fuerza de adhesión:

- 40 Se arrancaron 60 mm de la capa de recubrimiento del cordón de fibra óptica de plástico (longitud de prueba de 90 mm) de modo que se expuso la fibra óptica de plástico mientras se disponía de 30 mm de la capa de recubrimiento que permanecieron intactos. Se hizo pasar la fibra a través de una placa metálica con agujeros que tenían un diámetro 0,1 mm más grande que el diámetro de la fibra óptica y se tiró de la fibra usando un dispositivo de ensayo de extensión (AUTOGRAPH AG-IS, fabricado por Shimadzu Corporation) con una velocidad de extensión de 50 mm/min. Se midió 20 veces el límite de alargamiento por extensión, y se determinó el valor más bajo del límite de alargamiento por extensión como fuerza de adhesión. Cuando se midió 20 veces el límite de alargamiento por extensión y el valor más bajo era 50 N o más, se le proporcionó "pasa". Además, para el cordón de fibra óptica de plástico que tiene una estructura de recubrimiento de doble capa, se retiró la segunda capa de recubrimiento y se arrancaron 60 mm de la primera capa de recubrimiento, y luego se llevó a cabo la medición según el método descrito anteriormente.

Resistencia a la flexión:

- 50 Se colocó el cordón de fibra óptica de plástico (longitud de prueba de 100 mm) perpendicular a la dirección de extensión y se recogió y se tiró del mismo usando una fijación metálica que se ha plegado para tener una forma en U. Después de eso, se tiró del cordón usando un dispositivo de ensayo de extensión (AUTOGRAPH AG-IS, fabricado por Shimadzu Corporation) con una velocidad de extensión de 5 mm/min. Se definió como resistencia a la flexión el límite de alargamiento por extensión por 1 mm cuando se tira del cordón 1 cm. Se midió 10 veces la resistencia a la flexión.

En los ejemplos y ejemplos comparativos, los materiales que constituyen el núcleo y el revestimiento se describen tal como sigue.

PMMA: poli(metacrilato de metilo)

MMA: metacrilato de metilo

5 Et: etileno

4FM: metacrilato de 2,2,3,3-tetrafluoropropilo

5FM: metacrilato de 2,2,3,3,3-pentafluoropropilo

2F: fluoruro de vinilideno

4F: tetrafluoroetileno

10 6F: hexafluoropropileno

FVE: heptafluoropropil vinil éter

Monómero A: $\text{CH}_2=\text{CF}(\text{CF}_2)_3\text{H}$

Monómero B: $\text{CH}_2=\text{CF}(\text{CF}_2)_3\text{CH}_3$

15 Todas las fibras ópticas de plástico de los ejemplos y ejemplos comparativos tienen un diámetro de la fibra de 1000 μm .

Ejemplo 1

20 Como material de revestimiento, se alimentó un copolímero (índice de refracción de 1,368) compuesto por etileno (Et)/tetrafluoroetileno (4F)/hexafluoropropileno (6F)/monómero A ($\text{CH}_2=\text{CF}(\text{CF}_2)_3\text{H}$) con la composición mostrada en la tabla 1 a una hilera conjugada. Además, como material de núcleo, se alimentó el PMMA (índice de refracción de 1,492) producido mediante polimerización en masa continua a la hilera conjugada, y se sometieron el núcleo y el revestimiento a hilatura en masa fundida conjugada de núcleo-envoltura a la temperatura de 235°C para obtener una fibra óptica de plástico con un diámetro de la fibra de 1000 μm (diámetro del núcleo de 980 μm y grosor del revestimiento de 10,0 μm).

25 Además, se recubrió un material de recubrimiento en el que se añadió el 4% en peso de negro de carbón a resina de polipropileno (PMB60W, fabricada por SunAllomer Ltd.) sobre la fibra óptica de plástico usando una máquina de recubrimiento de cable de cruceta con boquilla de cruceta que tenía temperatura de ajuste de 180°C. Como resultado, se obtuvo un cordón de fibra óptica de plástico con el diámetro externo de 2,2 mm.

Se evaluó el cordón de fibra óptica de plástico obtenido anteriormente según los métodos de evaluación descritos anteriormente, y se proporcionan los resultados en la tabla 4.

30 Ejemplos 2 a 5

Se obtuvo el cordón de fibra óptica de plástico de la misma manera que en el ejemplo 1 excepto porque se cambia el material del primer revestimiento tal como se muestra en la tabla 1. Se evaluó el cordón de fibra óptica de plástico así obtenido de la misma manera que en el ejemplo 1, y se proporcionan los resultados en la tabla 4.

Ejemplo 6

35 Se obtuvo el cordón de fibra óptica de plástico de la misma manera que en el ejemplo 5 excepto porque se cambia el material de recubrimiento por un elastómero de polipropileno (SARLINK 4155, fabricado por Toyobo Co., Ltd.). Se evaluó el cordón de fibra óptica de plástico así obtenido de la misma manera que en el ejemplo 1, y se proporcionan los resultados en la tabla 3.

Ejemplo 7

40 Se obtuvo el cordón de fibra óptica de plástico de la misma manera que en el ejemplo 5 excepto porque se cambia el material de recubrimiento por un elastómero de poliéster (PELPRENE P-150M, fabricado por Toyobo Co., Ltd.). Se evaluó el cordón de fibra óptica de plástico así obtenido de la misma manera que en el ejemplo 1, y se proporcionan los resultados en la tabla 4.

Ejemplo 8

45 Se obtuvo el cordón de fibra óptica de plástico de la misma manera que en el ejemplo 5 excepto porque se cambia el material de recubrimiento por polietileno (NUC-9109, fabricado por Dow Chemical Corp.). Se evaluó el cordón de

fibra óptica de plástico así obtenido de la misma manera que en el ejemplo 1, y se proporcionan los resultados en la tabla 4.

Ejemplo 9

- 5 Se obtuvo el cordón de fibra óptica de plástico de la misma manera que en el ejemplo 5 excepto porque se cambia el material de recubrimiento por una resina de cloruro de vinilo (SHV9845P, fabricado por Riken Technos Corp.). Se evaluó el cordón de fibra óptica de plástico así obtenido de la misma manera que en el ejemplo 1, y se proporcionan los resultados en la tabla 4.

Ejemplo 10

- 10 Se obtuvo el cordón de fibra óptica de plástico de la misma manera que en el ejemplo 5 excepto porque se cambia el material de recubrimiento por un elastómero de poliuretano (RESAMINE P-800, fabricado por Dainichiseika Color & Chemicals Mfg. Co., Ltd.). Se evaluó el cordón de fibra óptica de plástico así obtenido de la misma manera que en el ejemplo 1, y se proporcionan los resultados en la tabla 4.

Ejemplo 11

- 15 Se obtuvo el cordón de fibra óptica de plástico de la misma manera que en el ejemplo 5 excepto porque se cambia el material de recubrimiento por un copolímero de etileno-acetato de vinilo (EVATATE D4040, fabricado por Sumitomo Chemical Co., Ltd.). Se evaluó el cordón de fibra óptica de plástico así obtenido de la misma manera que en el ejemplo 1, y se proporcionan los resultados en la tabla 4.

Ejemplo 12

- 20 Se obtuvo el cordón de fibra óptica de plástico de la misma manera que en el ejemplo 5 excepto porque se cambia el material de recubrimiento por poliamida 12 (DAIAMID L1640, fabricado por Daicel-Evonik Ltd.). Se evaluó el cordón de fibra óptica de plástico así obtenido de la misma manera que en el ejemplo 1, y se proporcionan los resultados en la tabla 4.

Ejemplos comparativos 1 a 3

- 25 Se obtuvo el cordón de fibra óptica de plástico de la misma manera que en el ejemplo 1 excepto porque se cambia el material del primer revestimiento tal como se muestra en la tabla 1. Se evaluó el cordón de fibra óptica de plástico así obtenido de la misma manera que en el ejemplo 1, y se proporcionan los resultados en la tabla 4.

[Tabla 1]

	Núcleo Composición (índice de refracción)	Primer revestimiento		Primer material de recubrimiento	
		Composición (% en peso)	Índice de refracción	Tipo	Diámetro externo
Ejemplo 1a	PMMA (1,492)	Ei/4F/6F/monómero A =12,0/62,5/25,0/0,5	1,368	polipropileno	2,2
Ejemplo 2	PMMA (1,492)	Ei/4F/6F/monómero A =30,0/48,0/21,5/0,5	1,401	polipropileno	2,2
Ejemplo 3	PMMA (1,492)	Ei/4F/6F/monómero A =19,0/49,0/24,0/8,0	1,373	polipropileno	2,2
Ejemplo 4	PMMA (1,492)	Ei/4F/6F/monómero B =18,0/52,0/29,5/0,5	1,381	polipropileno	2,2
Ejemplo 5	PMMA (1,492)	Ei/4F/6F/monómero A =18,0/52,0/29,5/0,5	1,380	polipropileno	2,2
Ejemplo 6	PMMA (1,492)	Ei/4F/6F/monómero A =18,0/52,0/29,5/0,5	1,380	elastómero de polipropileno	2,2
Ejemplo 7	PMMA (1,492)	Ei/4F/6F/monómero A =18,0/52,0/29,5/0,5	1,380	elastómero de poliéster	2,2
Ejemplo 8	PMMA (1,492)	Ei/4F/6F/monómero A =18,0/52,0/29,5/0,5	1,380	polietileno	2,2
Ejemplo 9	PMMA (1,492)	Ei/4F/6F/monómero A =18,0/52,0/29,5/0,5	1,380	resina de cloruro de vinilo	2,2
Ejemplo 10	PMMA (1,492)	Ei/4F/6F/monómero A =18,0/52,0/29,5/0,5	1,380	elastómero de poliuretano	2,2
Ejemplo 11	PMMA (1,492)	Ei/4F/6F/monómero A =18,0/52,0/29,5/0,5	1,380	copolímero de etileno-acetato de vinilo	2,2
Ejemplo 12	PMMA (1,492)	Ei/4F/6F/monómero A =18,0/52,0/29,5/0,5	1,380	poliamida 12	2,2
Ejemplo comparativo 1	PMMA (1,492)	Ei/4F/6F =38,0/44,0/18,0	1,418	polipropileno	2,2
Ejemplo comparativo 2	PMMA (1,492)	Ei/4F/6F/monómero A =5,0/72,0/18,0/6,0	1,360	polipropileno	2,2
Ejemplo comparativo 3	PMMA (1,492)	Ei/4F/6F =40/40/20	1,364	polipropileno	2,2

Ejemplo 13

Como material de revestimiento, se alimentaron un copolímero (índice de refracción de 1,351) compuesto por el primer revestimiento (fluoruro de vinilideno (2F)/tetrafluoroetileno (4F)/hexafluoropropileno (6F)/heptafluoropropil vinil éter (FVE)) y un copolímero (índice de refracción de 1,380) compuesto por el segundo revestimiento (etileno (Et)/tetrafluoroetileno (4F)/hexafluoropropileno (6F)/monómero A ($\text{CH}_2=\text{CF}(\text{CF}_2)_3\text{H}$) con la composición mostrada en la tabla 1 a una hilera conjugada. Además, como material de núcleo, se alimentó el PMMA (índice de refracción de 1,492) producido mediante polimerización en masa continua a la hilera conjugada, y se sometieron el núcleo y el revestimiento a hilatura en masa fundida conjugada de núcleo-envoltura a la temperatura de 235°C para obtener una fibra óptica de plástico con el diámetro de la fibra de 1000 μm (diámetro del núcleo de 980 μm y grosor del primer/revestimiento, cada uno de 5,0 μm). Además, se recubrió un material de recubrimiento en el que se añadió el 4% en peso de negro de carbón a resina de polipropileno (PMB60W, fabricado por SunAllomer Ltd.) sobre la fibra óptica de plástico usando una máquina de recubrimiento de cable de cruceta con boquilla de cruceta que tenía la temperatura de ajuste de 180°C. Como resultado, se obtuvo un cordón de fibra óptica de plástico con un diámetro externo de 2,2 mm.

Se evaluó el cordón de fibra óptica de plástico obtenido anteriormente de la misma manera que en el ejemplo 1, y se proporcionan los resultados en la tabla 5.

Ejemplos 14 a 16

Se obtuvo el cordón de fibra óptica de plástico de la misma manera que en el ejemplo 13 excepto porque se cambia el material del primer revestimiento tal como se muestra en la tabla 2. Se evaluó el cordón de fibra óptica de plástico así obtenido de la misma manera que en el ejemplo 1, y se proporcionan los resultados en la tabla 5.

Ejemplo 17

Se obtuvo el cordón de fibra óptica de plástico de la misma manera que en el ejemplo 16 excepto porque se cambia el material de recubrimiento por poliamida 12 (DAIAMID L1640, fabricado por Daicel-Evonik Ltd.). Se evaluó el cordón de fibra óptica de plástico así obtenido de la misma manera que en el ejemplo 1, y se proporcionan los resultados en la tabla 5.

Ejemplo 18

Se obtuvo el cordón de fibra óptica de plástico de la misma manera que en el ejemplo 17 excepto porque se cambian el material del primer revestimiento y el material del segundo revestimiento tal como se muestra en la tabla 2. Se evaluó el cordón de fibra óptica de plástico así obtenido de la misma manera que en el ejemplo 1, y se proporcionan los resultados en la tabla 5.

Ejemplos 19 a 22

Se obtuvo el cordón de fibra óptica de plástico de la misma manera que en el ejemplo 18 excepto porque se cambia el material del primer revestimiento tal como se muestra en la tabla 2. Se evaluó el cordón de fibra óptica de plástico así obtenido de la misma manera que en el ejemplo 1, y se proporcionan los resultados en la tabla 5.

Ejemplo 23

Se obtuvo el cordón de fibra óptica de plástico de la misma manera que en el ejemplo 22 excepto porque se cambia el material de recubrimiento por polipropileno (PMB60W, fabricado por SunAllomer Ltd.). Se evaluó el cordón de fibra óptica de plástico así obtenido de la misma manera que en el ejemplo 1, y se proporcionan los resultados en la tabla 5.

Ejemplos 24 a 26

Se obtuvo el cordón de fibra óptica de plástico de la misma manera que en el ejemplo 22 excepto porque se cambia el material del primer revestimiento tal como se muestra en la tabla 2. Se evaluó el cordón de fibra óptica de plástico así obtenido de la misma manera que en el ejemplo 1, y se proporcionan los resultados en la tabla 5.

Ejemplos comparativos 4 a 5

Se obtuvo el cordón de fibra óptica de plástico de la misma manera que en el ejemplo 13 excepto porque se cambian el material del primer revestimiento y el material del segundo revestimiento tal como se muestra en la tabla 2. Se evaluó el cordón de fibra óptica de plástico así obtenido de la misma manera que en el ejemplo 1, y se proporcionan los resultados en la tabla 5.

[Tabla 2]

	Núcleo	Primer revestimiento		Segundo revestimiento		Primer material de recubrimiento	
	Composición (índice de refracción)	Composición (% en peso)	Índice de refracción	Composición (% en peso)	Índice de refracción	Tipo	Diámetro externo
Ejemplo 13	PMMA (1,492)	2F/4F/6F/FVE =19,0/59,0/19,0/3,0	1,351	Et/4F/6F/monómero A =18,0/52,0/29,5/0,5	1,380	polipropileno	2,2
Ejemplo 14	PMMA (1,492)	2F/4F/6F =40/40/20	1,364	Et/4F/6F/monómero A =18,0/52,0/29,5/0,5	1,380	polipropileno	2,2
Ejemplo 15	PMMA (1,492)	2F/4F =75/25	1,405	Et/4F/6F/monómero A =18,0/52,0/29,5/0,5	1,380	polipropileno	2,2
Ejemplo 16	PMMA (1,492)	5FM/4FM/MMA =60/20/20	1,419	Et/4F/6F/monómero A =18,0/52,0/29,5/0,5	1,380	polipropileno	2,2
Ejemplo 17	PMMA (1,492)	5FM/4FM/MMA =60/20/20	1,419	Et/4F/6F/monómero A =18,0/52,0/29,5/0,5	1,380	poliamida 12	2,2
Ejemplo 18	PMMA (1,492)	Et/4F/6F/monómero A =12,0/62,5/25,0/0,5	1,368	2F/4F/6F/FVE =19,0/59,0/19,0/3,0	1,351	poliamida 12	2,2
Ejemplo 19	PMMA (1,492)	Et/4F/6F/monómero A =30,0/48,0/21,5/0,5	1,401	2F/4F/6F/FVE =19,0/59,0/19,0/3,0	1,351	poliamida 12	2,2
Ejemplo 20	PMMA (1,492)	Et/4F/6F/monómero A =19,0/49,0/24,0/8,0	1,373	2F/4F/6F/FVE =19,0/59,0/19,0/3,0	1,351	poliamida 12	2,2
Ejemplo 21	PMMA (1,492)	Et/4F/6F/monómero B =18,0/52,0/29,5/0,5	1,376	2F/4F/6F/FVE =19,0/59,0/19,0/3,0	1,351	poliamida 12	2,2
Ejemplo 22	PMMA (1,492)	Et/4F/6F/monómero A =18,0/52,0/29,5/0,5	1,380	2F/4F/6F/FVE =19,0/59,0/19,0/3,0	1,351	poliamida 12	2,2
Ejemplo 23	PMMA (1,492)	Et/4F/6F/monómero A =18,0/52,0/29,5/0,5	1,380	2F/4F/6F/FVE =19,0/59,0/19,0/3,0	1,351	polipropileno	2,2
Ejemplo 24	PMMA (1,492)	Et/4F/6F/monómero A =18,0/52,0/29,5/0,5	1,380	2F/4F/6F =40/40/20	1,364	poliamida 12	2,2
Ejemplo 25	PMMA (1,492)	Et/4F/6F/monómero A =18,0/52,0/29,5/0,5	1,380	2F/4F =75/25	1,405	poliamida 12	2,2
Ejemplo 26	PMMA (1,492)	Et/4F/6F/monómero A =18,0/52,0/29,5/0,5	1,380	5FM/4FM/MMA =60/20/20	1,419	poliamida 12	2,2
Ejemplo comparativo 4	PMMA (1,492)	Et/4F/6F =38,0/44,0/18,0	1,418	2F/4F/6F/FVE =19,0/59,0/19,0/3,0	1,351	polipropileno	2,2
Ejemplo comparativo 5	PMMA (1,492)	Et/4F/6F/monómero A =5,0/72,0/18,0/6,0	1,360	2F/4F/6F/FVE =19,0/59,0/19,0/3,0	1,351	polipropileno	2,2

Ejemplo 27

Como material de revestimiento, se alimentaron un copolímero (índice de refracción de 1,380) compuesto por el primer revestimiento (etileno (Et)/tetrafluoroetileno (4F)/hexafluoropropileno (6F)/monómero A ($\text{CH}_2=\text{CF}(\text{CF}_2)_3\text{H}$) y un copolímero (índice de refracción 1,351) compuesto por el segundo revestimiento (fluoruro de vinilideno (2F)/tetrafluoroetileno (4F)/hexafluoropropileno (6F)/heptafluoropropil vinil éter (FVE)) con la composición mostrada en la tabla 1 a una hilera conjugada.

Además, como material de núcleo, se alimentó el PMMA (índice de refracción de 1,492) producido mediante polimerización en masa continua a la hilera conjugada, y se sometieron el núcleo y el revestimiento a hilatura en masa fundida conjugada de núcleo-envoltura a la temperatura de 235°C para obtener la fibra óptica de plástico con un diámetro de la fibra de 1000 μm (diámetro del núcleo de 980 μm y el grosor del primer/revestimiento, cada uno de 5,0 μm). En la superficie externa de la fibra óptica de plástico obtenida, se formó la resina de poliamida que tenía un límite de alargamiento por extensión de 40 MPa y una temperatura de fusión de 178°C (DAIAMID L1640, fabricada por Daicel-Evonik Ltd.) mediante moldeo por extrusión de masa fundida con una velocidad lineal de 50 m/min. para obtener el cordón de fibra óptica de plástico que tenía un diámetro externo de 1,5 mm.

Además, en la superficie externa, se formó una resina de elastómero de poliamida que tenía un límite de alargamiento por extensión de 25 MPa y una temperatura de fusión de 178°C mediante moldeo por extrusión de masa fundida con una velocidad lineal de 50 m/min. para obtener el cordón de fibra óptica de plástico que tenía un diámetro externo de 2,3 mm.

Se evaluó el cordón de fibra óptica de plástico obtenido anteriormente de la misma manera que en el ejemplo 1, y se proporcionan los resultados en la tabla 5.

Ejemplo 28

Se obtuvo el cordón de fibra óptica de plástico de la misma manera que en el ejemplo 27 excepto porque se cambian el material del primer revestimiento y el material del segundo revestimiento tal como se muestra en la tabla 3. Se evaluó el cordón de fibra óptica de plástico así obtenido según el método de evaluación descrito anteriormente, y se proporcionan los resultados en la tabla 5.

Ejemplos comparativos 6 a 8

Se obtuvo el cordón de fibra óptica de plástico de la misma manera que en el ejemplo 22 excepto porque se cambian el material del primer revestimiento y el material del segundo revestimiento tal como se muestra en la tabla 3. Se evaluó el cordón de fibra óptica de plástico así obtenido de la misma manera que en el ejemplo 1, y se proporcionan los resultados en la tabla 5.

[Tabla 3]

	Núcleo	Primer revestimiento		Segundo revestimiento		Primer material de recubrimiento		Segundo material de recubrimiento	
		Composición (índice de refracción)	Composición (% en peso)	Índice de refracción	Composición (% en peso)	Índice de refracción	Tipo	Diámetro externo	Diámetro externo
Ejemplo 27	PMMA (1,492)	Et4F/6F/ monómero A =18,0/52,0/ 29,5/0,5	1,380	2F/4F/6F/FVE =19,0/59,0/ 19,0/3,0	1,351	poliamida 12	1,5	elastómero de poliamida	2,3
Ejemplo 28	PMMA (1,492)	5FM/ 4FM/MMA =60/20/20	1,419	Et4F/6F/ monómero A =18,0/52,0/ 29,5/0,5	1,380	poliamida 12	1,5	elastómero de poliamida	2,3
Ejemplo comparativo 6	PMMA (1,492)	5FM/ 4FM/MMA =60/20/20	1,419	Et4F/6F =38,0/44,0/ 18,0	1,418	poliamida 12	1,5	elastómero de poliamida	2,3
Ejemplo comparativo 7	PMMA (1,492)	5FM/ 4FM/MMA =60/20/20	1,419	Et4F/6F/ monómero A =5,0/72,0/ 18,0/5,0	1,360	poliamida 12	1,5	elastómero de poliamida	2,3
Ejemplo comparativo 8	PMMA (1,492)	5FM/ 4FM/MMA =60/20/20	1,419	2F/4F/6F/FVE =19,0/59,0/ 19,0/3,0	1,351	poliamida 12	1,5	elastómero de poliamida	2,3

[Tabla 4]

	Propiedad de transmisión de luz (dB/km)	Veces de flexión cíclica (veces)	Resistencia térmica (dB)	Resistencia térmica en húmedo (dB)	Pérdida por flexión (dB)	Desplazamiento longitudinal (mm)	Fuerza de adhesión (N)	Resistencia a la flexión (N)
Ejemplo 1	136	>50.000	-0,8	-1,0	0,5	0,4	45	23
Ejemplo 2	134	>50.000	-0,8	-0,8	0,8	0,45	42	23
Ejemplo 3	135	>50.000	-0,6	-0,7	0,6	0,4	44	23
Ejemplo 4	135	>50.000	-0,5	-0,7	0,7	0,4	43	23
Ejemplo 5	137	>50.000	-0,7	-0,8	0,7	0,4	43	23
Ejemplo 6	130	>50.000	-0,5	-1,0	0,7	0,4	45	-
Ejemplo 7	131	>50.000	-0,6	-1,2	0,7	0,4	44	5
Ejemplo 8	131	>50.000	-0,6	-1,2	0,8	0,4	42	6
Ejemplo 9	131	>50.000	-0,9	-1,1	0,7	0,45	35	5
Ejemplo 10	132	>50.000	-0,9	-1,0	0,7	0,45	35	-
Ejemplo 11	133	>50.000	-0,9	-1,2	0,8	0,4	41	-
Ejemplo 12	130	>50.000	-0,7	-0,8	0,7	0,3	62	21
Ejemplo comparativo 1	146	34.600	-4,0	-5,2	1,5	2,8	27	23
Ejemplo comparativo 2	152	42.500	-1,8	-2,0	0,3	0,8	35	23
Ejemplo comparativo 3	143	39.900	-3,7	-4,0	0,4	1,5	22	23

[Tabla 5]

	Propiedad de transmisión de luz (dB/km)	Veces de flexión cíclica (veces)	Resistencia térmica (dB)	Resistencia térmica en húmedo (dB)	Pérdida por flexión (dB)	Desplazamiento longitudinal (mm)	Fuerza de adhesión (N)	Resistencia a la flexión (N)
Ejemplo 13	132	>50.000	-0,6	-0,8	0,5	0,4	43	23
Ejemplo 14	131	>50.000	-0,7	-1,0	0,6	0,4	43	23
Ejemplo 15	130	>50.000	-0,9	-1,2	0,8	0,4	44	23
Ejemplo 16	132	>50.000	-0,6	-0,7	0,8	0,4	43	23
Ejemplo 17	130	>50.000	-0,7	-0,7	0,8	0,3	62	21
Ejemplo 18	128	>50.000	-0,7	-0,8	0,5	0,35	62	21
Ejemplo 19	134	>50.000	-0,7	-0,9	0,6	0,3	61	21
Ejemplo 20	131	>50.000	-0,7	-1,1	0,5	0,3	62	21
Ejemplo 21	129	>50.000	-0,6	-0,7	0,5	0,35	60	21
Ejemplo 22	129	>50.000	-0,6	-0,7	0,6	0,3	60	21
Ejemplo 23	131	>50.000	-0,6	-0,8	0,6	0,45	42	23
Ejemplo 24	128	>50.000	-0,8	-0,8	0,5	0,3	60	21
Ejemplo 25	135	>50.000	-0,9	-1,2	0,8	0,4	43	21
Ejemplo 26	132	>50.000	-0,5	-0,7	0,9	0,45	41	21
Ejemplo 27	129	>50.000	-0,6	-0,7	0,6	0,3	60	11
Ejemplo 28	130	>50.000	-0,7	-0,7	0,5	0,3	62	11
Ejemplo Comparativo 4	146	35.500	-3,9	-4,2	0,4	0,55	35	23
Ejemplo Comparativo 5	152	>50.000	-2,0	-2,6	0,5	0,5	38	23
Ejemplo Comparativo 6	143	25.800	-3,8	-4,3	1,6	0,5	40	11
Ejemplo comparativo 7	135	>50.000	-1,5	-2,0	0,6	0,35	52	11
Ejemplo comparativo 8	131	>50.000	-4,1	-5,5	0,5	2,2	60	11

Tal como se describe en la tabla 4, el ejemplo 1 de la presente invención mostró excelente propiedad de transmisión de luz, veces de flexión cíclica, resistencia térmica, resistencia térmica en húmedo, pérdida por flexión, desplazamiento longitudinal y adhesión.

5 Los ejemplos 2 a 12 de la presente invención mostraron excelente propiedad de transmisión de luz, veces de flexión cíclica, resistencia térmica, resistencia térmica en húmedo, pérdida por flexión, desplazamiento longitudinal y adhesión.

Mientras tanto, los ejemplos comparativos 1 a 3 mostraron escasa propiedad de transmisión de luz y veces de flexión cíclica, etc.

10 Tal como se describe en la tabla 5, los ejemplos 13 a 26 de la presente invención mostraron excelente propiedad de transmisión de luz, veces de flexión cíclica, resistencia térmica, resistencia térmica en húmedo, pérdida por flexión, desplazamiento longitudinal y adhesión. Mientras tanto, los ejemplos comparativos 4 y 5 mostraron escasa resistencia térmica, resistencia térmica en húmedo, desplazamiento longitudinal y adhesión, etc.

15 Tal como se describe en la tabla 5, los ejemplos 27 y 28 de la presente invención mostraron excelente propiedad de transmisión de luz, veces de flexión cíclica, resistencia térmica, resistencia térmica en húmedo, pérdida por flexión, desplazamiento longitudinal y adhesión. Mientras tanto, los ejemplos comparativos 6 a 8 mostraron escasa resistencia térmica y resistencia térmica en húmedo, etc.

Aplicabilidad industrial

20 La fibra óptica de plástico y el cordón de fibra óptica de plástico de la presente invención pueden mantener buena resistencia térmica y estabilidad dimensional durante un largo periodo de tiempo a una temperatura de uso real de 105°C.

En particular, la fibra óptica de plástico y el cordón de fibra óptica de plástico de la presente invención se usan de manera adecuada como un cordón de fibra óptica de plástico para la parte de control de un automóvil, por ejemplo, dirección, freno, unidad ABS, transmisión y motor, etc.

25 La fibra óptica de plástico y el cordón de fibra óptica de plástico de la presente invención son adecuados para el cableado interior de un automóvil o cableado doméstico.

REIVINDICACIONES

1. Fibra óptica de plástico que contiene un núcleo y un revestimiento, en la que el revestimiento está compuesto por al menos una capa, y comprendiendo el revestimiento un copolímero que comprende del 10 al 35% en peso de etileno, del 45 al 69% en peso de tetrafluoroetileno, del 20 al 45% en peso de hexafluoropropileno y del 0,01 al 10% en peso de un compuesto de fluorovinilo representado mediante la siguiente fórmula (1)

$$\text{CH}_2=\text{CX}_1(\text{CF}_2)_n\text{X}_2 \quad (1)$$

(en la fórmula, X_1 representa un átomo de flúor o un átomo de hidrógeno, X_2 representa un átomo de flúor, un átomo de hidrógeno o un grupo hidrocarbonado, y n representa un número entero de desde 1 hasta 10)

como componente de copolímero.
2. Fibra óptica de plástico según la reivindicación 1, en la que el compuesto de fluorovinilo es un compuesto representado mediante la siguiente fórmula (2).

$$\text{CH}_2=\text{CF}(\text{CF}_2)_3\text{H} \quad (2)$$
3. Fibra óptica de plástico según la reivindicación 1, en la que el revestimiento está compuesto por dos o más capas, y comprendiendo el revestimiento de la capa más externa un copolímero que comprende del 10 al 35% en peso de etileno, del 45 al 69% en peso de tetrafluoroetileno, del 20 al 45% en peso de hexafluoropropileno y del 0,01 al 10% en peso de un compuesto de fluorovinilo representado tal como sigue

$$\text{CH}_2=\text{CX}_1(\text{CF}_2)_n\text{X}_2$$

(en la fórmula, X_1 representa un átomo de flúor o un átomo de hidrógeno, X_2 representa un átomo de flúor, un átomo de hidrógeno o un grupo hidrocarbonado, y n representa un número entero de desde 1 hasta 10)

como componente de copolímero.
4. Fibra óptica de plástico según la reivindicación 3, comprendiendo el revestimiento de la capa más interna un copolímero que comprende fluoruro de vinilideno y tetrafluoroetileno como componente de copolímero.
5. Fibra óptica de plástico según la reivindicación 4, comprendiendo el revestimiento de la capa más interna un copolímero que comprende del 65 al 85% en peso de fluoruro de vinilideno y del 15 al 35% en peso de tetrafluoroetileno como componente de copolímero.
6. Fibra óptica de plástico según la reivindicación 4, comprendiendo el revestimiento de la capa más interna un copolímero que comprende del 35 al 60% en peso de fluoruro de vinilideno, del 35 al 60% en peso de tetrafluoroetileno y del 5 al 30% en peso de hexafluoropropileno como componente de copolímero.
7. Fibra óptica de plástico según la reivindicación 4, comprendiendo el revestimiento de la capa más interna un copolímero que comprende del 10 al 35% en peso de fluoruro de vinilideno, del 45 al 75% en peso de tetrafluoroetileno, del 10 al 30% en peso de hexafluoropropileno y del 1 al 10% en peso de perfluoroalquil vinil éteres como componente de copolímero.
8. Fibra óptica de plástico según la reivindicación 3, comprendiendo el revestimiento de la capa más interna un copolímero que comprende una unidad de metacrilato de perfluoroalquilo.
9. Fibra óptica de plástico según la reivindicación 8, comprendiendo el revestimiento de la capa más interna un copolímero que comprende del 60 al 95% en peso de metacrilato de perfluoroalquilo que se representa mediante la siguiente fórmula

$$\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{COO}(\text{CH}_2)_m(\text{CF}_2)_n\text{R}$$

(en la fórmula, R representa un átomo de flúor o un átomo de hidrógeno, m es 1 ó 2, y n representa un número entero de desde 1 hasta 10)

y del 5 al 40% en peso de metacrilato de metilo como componente de copolímero.
10. Fibra óptica de plástico según la reivindicación 1, en la que un revestimiento está compuesto por dos o más capas, y comprendiendo el revestimiento de la capa más interna un copolímero que comprende del 10 al 35% en peso de etileno, del 45 al 69% en peso de tetrafluoroetileno, del 20 al 45% en peso de hexafluoropropileno y del 0,01 al 10% en peso de un compuesto de fluorovinilo representado tal como sigue

$$\text{CH}_2=\text{CX}_1(\text{CF}_2)_n\text{X}_2$$

(en la fórmula, X_1 representa un átomo de flúor o un átomo de hidrógeno, X_2 representa un átomo de flúor, un átomo de hidrógeno o un grupo hidrocarbonado, y n representa un número entero de desde 1 hasta 10)

como componente de copolímero.

- 5 11. Fibra óptica de plástico según la reivindicación 10, comprendiendo el revestimiento de la capa más externa un copolímero que comprende fluoruro de vinilideno y tetrafluoroetileno como componente de copolímero.
12. Fibra óptica de plástico según la reivindicación 11, comprendiendo el revestimiento de la capa más externa un copolímero que comprende del 65 al 85% en peso de fluoruro de vinilideno y del 15 al 35% en peso de tetrafluoroetileno como componente de copolímero.
- 10 13. Fibra óptica de plástico según la reivindicación 11, comprendiendo el revestimiento de la capa más externa un copolímero que comprende del 35 al 60% en peso de fluoruro de vinilideno, del 35 al 60% en peso de tetrafluoroetileno y del 5 al 30% en peso de hexafluoropropileno como componente de copolímero.
- 15 14. Fibra óptica de plástico según la reivindicación 11, comprendiendo el revestimiento de la capa más externa un copolímero que comprende del 10 al 35% en peso de fluoruro de vinilideno, del 45 al 75% en peso de tetrafluoroetileno, del 10 al 30% en peso de hexafluoropropileno y del 1 al 10% en peso de perfluoroalquil vinil éteres como componente de copolímero.
- 15 15. Fibra óptica de plástico según la reivindicación 10, comprendiendo el revestimiento de la capa más externa un copolímero que comprende una unidad de metacrilato de perfluoroalquilo.
- 20 16. Fibra óptica de plástico según la reivindicación 15, comprendiendo el revestimiento de la capa más externa un copolímero que comprende del 60 al 95% en peso de metacrilato de perfluoroalquilo que se representa mediante la siguiente fórmula
$$\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{COO}(\text{CH}_2)_m(\text{CF}_2)_n\text{R}$$

(en la fórmula, R representa un átomo de flúor o un átomo de hidrógeno, m es 1 ó 2, y n representa un número entero de desde 1 hasta 10)

y del 5 al 40% en peso de metacrilato de metilo como componente de copolímero.
- 25 17. Cordón de fibra óptica de plástico, que comprende además al menos una capa de recubrimiento más sobre la periferia externa del revestimiento de la fibra óptica de plástico según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 16.
18. Cordón de fibra óptica de plástico según la reivindicación 17, en el que la capa de recubrimiento está compuesta por una resina termoplástica como componente principal.
- 30 19. Cordón de fibra óptica de plástico según la reivindicación 18, en el que la resina termoplástica es al menos una seleccionada de un grupo que consiste en una resina de poliolefina, una resina de poliamida, poli(cloruro de vinilo), una resina de poliéster, un elastómero de poliéster, un elastómero de poliamida, un elastómero de poliolefina, una poliolefina reticulada, una resina de elastómero de poliuretano y un copolímero de etileno-acetato de vinilo.
- 35 20. Cordón de fibra óptica de plástico según la reivindicación 19, en el que la poliolefina es polietileno o polipropileno.
21. Cordón de fibra óptica de plástico según la reivindicación 17, en el que la capa de recubrimiento de la capa más interna es una capa de recubrimiento compuesta por poliamida como componente principal.
- 40 22. Cordón de fibra óptica de plástico según la reivindicación 17, en el que la capa de recubrimiento está compuesta por al menos dos capas, y la capa de recubrimiento de la capa más externa está compuesta por poliamida y/o un elastómero termoplástico como componente principal.
23. Cordón de fibra óptica de plástico según la reivindicación 17, en el que el desplazamiento longitudinal tras el tratamiento térmico a 105°C durante 24 horas es de $\pm 0,5$ mm o menos.
- 45 24. Cordón de fibra óptica de plástico según la reivindicación 17, en el que la fuerza de adhesión entre la fibra óptica de plástico y la capa de recubrimiento es de 30 N o más a una longitud de 30 mm.