

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 745 077**

51 Int. Cl.:

C03C 25/10 (2008.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.09.2006 PCT/EP2006/066693**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.04.2008 WO08037291**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.09.2006 E 06793800 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.06.2019 EP 2069253**

54 Título: **Fibra óptica protegida y método para mejorar su vida útil**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
27.02.2020

73 Titular/es:
PRYSMIAN S.P.A. (100.0%)
Via Chiese, 6
20126 Milano, IT

72 Inventor/es:
DEBUT, ALEXIS;
SARCHI, DAVIDE;
CONSONNI, ENRICO y
TRAVAGNIN, MARTINO

74 Agente/Representante:
SALVÀ FERRER, Joan

ES 2 745 077 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 protegida y método para mejorar su vida útil

5 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Campo de la invención

- 10 **[0001]** La presente invención se refiere a una fibra óptica protegida y a un método para mejorar su vida útil.
- [0002]** Más particularmente, la presente invención se refiere a una fibra óptica protegida que comprende un recubrimiento de estructura ajustada y a un método para mejorar su vida útil en condiciones de alta potencia y en curvas de diámetro pequeño que mejoran la extracción de energía de esta.
- 15 Descripción de la técnica relacionada
- [0003]** Una fibra óptica en general comprende un núcleo rodeado por un revestimiento (en lo sucesivo denominados de forma colectiva "guía de onda óptica"), donde dicho núcleo y revestimiento están hechos preferentemente de vidrio, y al menos un recubrimiento exterior.
- 20 **[0004]** En muchos casos, los recubrimientos exteriores son dos. El recubrimiento exterior que está en contacto directo con la guía de onda óptica se denomina "primer recubrimiento" o "recubrimiento primario" y el recubrimiento exterior que se superpone con el primero se denomina "segundo recubrimiento" o "recubrimiento secundario". Típicamente, dichos primer y segundo recubrimiento están hechos de un material polimérico.
- 25 **[0005]** Determinadas aplicaciones requieren que la fibra óptica además esté recubierta por un recubrimiento reforzado que se proporciona sobre el al menos un recubrimiento exterior.
- 30 **[0006]** Típicamente, se puede utilizar una fibra óptica protegida como un componente semiterminado para formar un cable asociado con otros componentes según lo requiera el uso.
- [0007]** En algunas aplicaciones, se puede utilizar la fibra óptica protegida como tal para actuar como un cable. Algunos ejemplos de estas aplicaciones son las aplicaciones en interiores y locales, terminación de cables, espirales, cables de conexión y, más generalmente, las aplicaciones que implican que la fibra óptica se someta a esfuerzos mecánicos y de fricción adicionales que se suelen repetir en el tiempo.
- 35 **[0008]** Cuando dicho recubrimiento reforzado se proporciona en contacto con al menos un recubrimiento exterior se denomina "de estructura ajustada", cuando dicho recubrimiento reforzado tiene forma de tubo que tiene un diámetro interno mayor que el diámetro del recubrimiento externo general, se denomina "de estructura holgada".
- 40 **[0009]** Sikora y col. ("Reduction in fibre reliability due to high optical power", Electronics Letters, 10 de julio de 2003, vol. 39, n.º 14) describen que pruebas de curvatura de 180° de alta potencia en muestras de fibra óptica monomodo muestran que algunas fibras pueden sufrir daños catastróficos con una potencia óptica tan baja como 0,5 W con diámetros de curvatura de 13 mm. El daño en las curvas de la fibra es provocado por un aumento en la temperatura cuando la potencia que se pierde en la curva es absorbida por el recubrimiento.
- 45 **[0010]** El fenómeno provocado, p. ej., por la curvatura accidental de una fibra en bucles con radio pequeño, o por un exceso de potencia transmitida también se puede denominar "fuga térmica". Parte del haz de luz guiado escapa del núcleo de fibra y cruza las capas protectoras, donde se absorbe al menos parcialmente, y el procedimiento de absorción calienta los materiales de recubrimiento.
- 50 **[0011]** US 2004/0175086 establece que una parte de la energía de la luz de entrada puede incidir en la interfaz del núcleo/revestimiento en un ángulo inferior al ángulo crítico de incidencia. Cuando esto ocurre, esta energía de la luz pasa por el núcleo y continúa hasta la interfaz entre el revestimiento y el recubrimiento, ya que el recubrimiento convencional tiene mayor índice de refracción que el revestimiento. Esta energía de la luz puede ser absorbida por el recubrimiento o cualquier material circundante y convertirse en energía térmica. La energía térmica puede provocar daño localizado a la fibra óptica y los materiales circundantes, lo que reduce significativamente la vida operativa de la fibra. Esto es particularmente importante en aplicaciones de alta potencia, tales como, entre otras, aquellas en las cuales la señal de transmisión tiene una potencia por encima de 0,5 W. Además, una curvatura pronunciada, como por ejemplo una con un radio o una curvatura inferior a 10 mm, puede causar que la energía de la señal se propague a lo largo del núcleo y se inyecte en el revestimiento. Una vez más, la energía de la luz que se escapa se convierte en calor tras salir del revestimiento, lo que puede sobrecalentar una parte localizada de la fibra de transmisión óptica y esto provoca una falla prematura.
- 60 **[0012]** US 2004/0175086 sugiere resolver este problema con una fibra de transmisión óptica, que comprende:
- 65

- un núcleo que tiene un primer índice de refracción;
 - un material de revestimiento ubicado alrededor de dicho núcleo y que tiene un segundo índice de refracción menor que dicho primer índice de refracción;
- 5 - un primer material de recubrimiento ubicado alrededor de una primera parte de dicho material de revestimiento y que tiene un tercer índice de refracción mayor que el segundo índice de refracción; y
- un segundo material de recubrimiento ubicado alrededor de una segunda parte de dicho material de revestimiento y que tiene un cuarto índice de refracción menor que dicho segundo índice de refracción.

10 **[0013]** El solicitante observa que una desventaja de esta fibra es la necesidad de seleccionar cuidadosamente los índices de refracción de las capas de recubrimiento, lo que limita considerablemente la elección del primer y el segundo material de recubrimiento. Además, esta fibra también tiene la desventaja de que no se puede "encamisar" con un recubrimiento de estructura ajustada que impediría la disipación de la energía de la luz que escapa del segundo material de recubrimiento.

15 **[0014]** WO 2004/066007 presenta una fibra óptica que puede estabilizar y propagar luz de alta potencia sin provocar daño o similar a la fibra óptica, incluso si la fibra óptica se dobla temporalmente con diámetros de curvatura pequeños, a través del uso de un material de recubrimiento con poca absorción de la luz que se escapa en la fibra óptica, en particular a través del uso de una resina curada por UV transparente como material de recubrimiento.

20 Alternativamente, la capa de recubrimiento de la fibra óptica está formada por una capa de recubrimiento primaria hecha de una resina curada ultravioleta, una capa de recubrimiento secundaria y una capa coloreada donde la capa coloreada no recubre de forma intermitente la capa de recubrimiento secundaria en una parte en la dirección de la circunferencia.

25 **[0015]** El solicitante observa que además esta fibra tiene la desventaja de que no se puede "encamisar" con un recubrimiento de estructura ajustada que impediría la disipación de la energía de la luz que escapa del segundo material de recubrimiento.

30 **[0016]** I.A. Davies y col. ("Optical fibres resilient to failure in bending under high power", ECOC 2005 Proceedings, Vol. 3, 471-472) proponen un recubrimiento primario interno de acrilato de índice de refracción reducido para superar el modo de falla debido a la alta potencia y la curvatura cerrada simultáneas. Sin embargo, como la mayor resistencia a este modo de falla es proporcionada por el recubrimiento con menor índice de refracción, los autores sugieren que un índice intermedio puede resultar ventajoso en la práctica considerando la protección de los elementos de redes corriente abajo de la curvatura.

35 **[0017]** El solicitante por lo tanto advierte que sigue existiendo la necesidad de una fibra óptica "encamisada" con un recubrimiento de estructura ajustada que no obstaculice la disipación de la energía de la luz que escapa del segundo material de recubrimiento y/o la disipación de la energía de calor derivada de esta.

40 **[0018]** US 2003/0133679 se refiere a una fibra óptica que incluye un núcleo de vidrio o plástico (o una guía de onda), un revestimiento en la guía de onda, un recubrimiento primario en el revestimiento y un recubrimiento secundario en el recubrimiento primario. La fibra óptica está recubierta con una composición de recubrimiento de estructura ajustada de retardante de llama. El recubrimiento de estructura ajustada puede ser libre de halógeno o sustancialmente libre de halógeno. Los retardantes de llama libres de halógeno que han resultado útiles son los

45 plastificantes de retardantes de llama y los oligómeros de acrilato de retardantes de llama.

[0019] US 6.215.931 se refiere a elastómeros de poliolefina termoplástica flexible para reforzar un elemento de cable de telecomunicaciones. Dicho material de poliolefina termoplástica también puede contener rellenos orgánicos o inorgánicos. Una reducción en la densidad del material resulta ventajosa porque permite una reducción del peso del

50 cable. El material de refuerzo está libre de halógeno y se puede convertir en retardante de llama.

[0020] WO 2006/036057 se refiere a una composición encamisada de fibra óptica de resina líquida curable por radiación que comprende un (met)acrilato de uretano, un monómero curable por radiación monofuncional, un

55 monómero curable por radiación polifuncional, partículas inorgánicas o partículas poliméricas y un fotoiniciador.

[0021] El solicitante se encontró con el problema de proteger las fibras ópticas de los daños derivados del calor que se originaba dentro de la fibra por la luz transportada a través de esta. En particular, el solicitante se encontró con el problema de proporcionar este tipo de protección mediante una solución aplicable a una fibra óptica sin cambiar las características químicas o físicas del al menos un recubrimiento o recubrimientos exteriores y/o la capa de

60 revestimiento de la fibra.

[0022] El solicitante percibió que la función de proteger la fibra de dicho calor generado internamente se podía realizar por un recubrimiento reforzado hecho de un material dotado de propiedades físicas específicas.

65 Resumen de la invención

[0023] La presente invención se refiere a una fibra óptica protegida que comprende un recubrimiento de estructura ajustada y a un método para mejorar su vida útil, incluso en condiciones de alta potencia y/o en presencia de una curva de diámetro pequeño.

5

[0024] El solicitante ha observado que un refuerzo aplicado sobre la fibra no solo no obstaculiza la disipación de calor, sino que ayuda a transferir el calor al exterior sin provocar sobrecalentamiento indeseado en la fibra, siempre que dicho refuerzo esté hecho de un material capaz de soportar la temperatura y de transmitir eficazmente el calor.

10 **[0025]** La vida útil de una fibra óptica se puede mejorar proporcionando un recubrimiento de estructura ajustada con una densidad mayor que un valor predeterminado, junto con una conductividad térmica mayor que un valor predeterminado. Otra propiedad física útil para caracterizar un material de recubrimiento de estructura ajustada capaz de retirar energía de una fibra óptica es la difusividad térmica.

15 **[0026]** En las reivindicaciones de la presente descripción, la expresión

- "alta potencia" significa una señal de transmisión que tiene una potencia de al menos 0,15 W, p. ej., 1 o 2 W;
- "curva de diámetro pequeño" significa una curva en U que tiene un radio igual o inferior a 15 mm; típicamente, dicho radio puede ser de entre 12 y 4 mm;

20 - "densidad" significa la proporción de masa a volumen; la unidad de medida es Kg/dm³;

- "difusividad térmica" significa la proporción de conductividad térmica a capacidad de calor volumétrico; la unidad de medida es m²/(seg^{10⁻⁶}); la difusividad térmica es la medida del modo en que el calor fluye a través de un material al otro lado; la difusividad térmica también indica la capacidad de un material de ajustar su propia temperatura a la del entorno;

25 - "conductividad térmica" significa la propiedad física de un material que indica su capacidad de transferir calor a través de su grosor; la unidad de medida es W/mrK;

- "fibra monomodo" significa una fibra óptica a través de la cual solo se propaga un modo tal como se define en ITU-T G.652. B;

30 **[0027]** Para el propósito de la presente descripción y de las reivindicaciones que siguen, excepto cuando se indique lo contrario, todos los números que expresan montos, cantidades, porcentajes, entre otros, se deben entender como modificados en todos los casos por el término "aproximadamente". Además, todos los intervalos incluyen cualquier combinación de los puntos máximo y mínimo descritos e incluyen cualquier intervalo intermedio entre estos, que se pueden enumerar o no específicamente en la presente.

35

Descripción detallada de la invención

[0028] En un primer aspecto, la presente invención proporciona una fibra óptica protegida que comprende una guía de onda óptica, al menos un recubrimiento exterior que rodea dicha guía de onda óptica y un recubrimiento reforzado que rodea dicho al menos un recubrimiento exterior, donde dicho recubrimiento reforzado es un recubrimiento de estructura ajustada hecho de un material que tiene una densidad de al menos 1,2 Kg/dm³ y una conductividad térmica de al menos 0,4 W/mrK y donde el material de recubrimiento de estructura ajustada comprende una matriz polimérica y un relleno inorgánico, caracterizada porque dicha matriz polimérica se selecciona del grupo que consiste en polímeros y copolímeros de olefinas C₂ a C₈ (α-olefina), resina de copolímero de acetato de etilvinilo, resina de copolímero de acrilato de etilbutilo y una mezcla de estos, y dicho relleno inorgánico se selecciona de óxidos e hidróxidos inorgánicos.

45

[0029] Preferentemente, la densidad del material de recubrimiento es de entre 1,2 y 1,7 Kg/dm³.

50 **[0030]** Más preferentemente, la densidad del material de recubrimiento es de entre 1,4 y 1,6 Kg/dm³.

[0031] Preferentemente, la conductividad térmica del material de recubrimiento es de entre 0,4 y 0,8 W/mK, más preferentemente de entre 0,6 y 0,75 W/mK.

55 **[0032]** De forma ventajosa, el material de recubrimiento del recubrimiento de estructura ajustada según la invención tiene una difusividad térmica de al menos 0,2 m²/(sem10⁻⁶).

[0033] Más preferentemente, la difusividad térmica del material de recubrimiento es de entre 0,2 y 0,3 m²/(sem10⁻⁶).

60

[0034] Preferentemente, la guía de onda óptica según la invención es una fibra monomodo

[0035] Preferentemente, la guía de onda óptica de la presente invención es una fibra de vidrio que incluye un núcleo de vidrio rodeado por un revestimiento de vidrio.

65

[0036] El recubrimiento de estructura ajustada de la presente invención puede tener un grosor para proporcionar una fibra óptica protegida con un diámetro de entre 650 y 1000 mm, más preferentemente de entre 800 y 900 mm.

5 **[0037]** Preferentemente, la matriz polimérica se selecciona de polímeros y copolímeros de olefinas C₂ a C₈ (a-olefina) tales como polibuteno, poli(4-metilpenteno-1) o similar.

[0038] Los más preferidos son EVA (resina de acetato de etilenvinilo), EBA (resina de acrilato de etilenbutilo) y polímeros y copolímeros de olefinas C₂ a C₆ (a-olefina) tales como polibuteno y poli(4-metilpenteno-1).

10

[0039] Opcionalmente, se incluyen resinas termoestables tales como resina epoxi, resina fenólica, resina de melamina, resina de poliéster insaturada, resina alquídica y resina de urea, y cauchos sintéticos tales como EPDM, caucho de butilo, caucho de isopreno, SBR, NIR, caucho de uretano, caucho de polibutadieno, caucho acrílico, caucho de silicona y NBR.

15

[0040] Preferentemente, el relleno inorgánico se selecciona de hidróxido de aluminio, hidróxido de magnesio y mezclas de estos.

[0041] De forma ventajosa, el hidróxido de magnesio es un hidróxido de magnesio sintético.

20

[0042] Tal como se usa en la presente y en las reivindicaciones, la expresión "hidróxido de magnesio sintético" significa un hidróxido de magnesio en forma de cristalitos hexagonales aplastados de tamaño y morfología sustancialmente uniformes. Dicho producto se puede obtener mediante diversas vías sintéticas que comprenden el agregado de alcalinos a una solución acuosa de una sal de magnesio y la precipitación posterior del hidróxido mediante calentamiento a temperatura alta (véase por ejemplo US-4.098.762 o EP-780.425 o US-4.145.404).

25

[0043] De forma ventajosa, la cantidad de relleno inorgánico es de al menos el 30 % en peso, preferentemente de entre el 50 % y el 80 % en peso, con respecto al peso total de la composición del material de recubrimiento.

30 **[0044]** Con el objetivo de mejorar la compatibilidad entre el relleno inorgánico y la matriz polimérica, se agrega preferentemente un agente de acoplamiento. En el caso de que el relleno inorgánico comprenda al menos un hidróxido, se puede agregar a la mezcla un agente de acoplamiento capaz de aumentar la interacción entre los grupos hidroxilo de las cadenas de poliolefina. Este agente de acoplamiento se puede seleccionar de: compuestos de silano saturados o compuestos de silano que contienen al menos una insaturación etilénica; epóxidos que contienen una insaturación etilénica; ácidos monocarboxílicos o, preferentemente, ácidos dicarboxílicos que tienen al menos una insaturación etilénica, o derivados de estos, en particular anhídridos o ésteres.

35

[0045] Los compuestos de silano preferidos adecuados para este propósito son: Y-metacriloxipropil-trimetoxisilano, metiltrietoxisilano, metiltris (2-metoxietoxi)silano, dimetildietoxisilano, viniltris (2-metoxietoxi)-silano, viniltrimetoxosilano, vinil-trietoxisilano, octiltrietoxisilano, isobutil-trietoxisilano, isobutiltrimetoxisilano y mezclas de estos.

40

[0046] Los epóxidos preferidos que contienen una insaturación etilénica son: acrilato de glicidilo, metacrilato de glicidilo, éster monoglicídico de ácido itacónico, éster glicídico de ácido maleico, éter glicídico de vinilo, éter glicídico de alilo o mezclas de estos.

45

[0047] Los ácidos monocarboxílicos o dicarboxílicos preferidos que tienen al menos una insaturación etilénica, o derivados de estos, como agentes de acoplamiento son, por ejemplo: ácido maleico, anhídrido maleico, ácido fumárico, ácido citracónico, ácido itacónico, ácido acrílico, ácido metacrílico y similares, y anhídridos o ésteres derivados de estos, o mezclas de estos. Se prefiere particularmente el anhídrido maleico.

50

[0048] Los agentes de acoplamiento se pueden utilizar como tales o preinjertar en una poliolefina, por ejemplo, polietileno o copolímeros de etileno con una alfaolefina, mediante una reacción radicalica (véase por ejemplo la patente EP-530.940). La cantidad de agente de acoplamiento injertado es generalmente de entre 0,05 y 5 partes en peso, preferentemente de entre 0,1 y 2 partes en peso, con respecto a 100 partes en peso de poliolefina.

55

[0049] Las poliolefinas injertadas con anhídrido maleico están disponibles como productos comerciales conocidos, por ejemplo, con las marcas comerciales Fusabond® (Du Pont), Orevac® (Elf Atochem), Exxelor® (Exxon Chemical), Yparex® (DSM).

60

[0050] Alternativamente, los agentes de acoplamiento de tipo carboxílico o epóxido mencionados anteriormente (por ejemplo, anhídrido maleico) o los silanos con insaturación etilénica (por ejemplo, viniltrimetoxisilano) se pueden agregar a la mezcla junto con un iniciador radical para injertar el agente de compatibilización directamente en la matriz polimérica. Se puede utilizar un peróxido orgánico tal como perbenzoato de terc-butilo, peróxido de dicumilo, peróxido de benzoilo, peróxido de di-terc-butilo y similares, por ejemplo, como iniciador.

65

[0051] La cantidad de agente de acoplamiento que se puede agregar a la mezcla puede variar principalmente dependiendo del tipo de agente de acoplamiento utilizado y de la cantidad de relleno inorgánico agregado, y es generalmente de entre el 0,01 % y el 5 %, preferentemente de entre el 0,05 % y el 2 %, en peso con respecto al peso total de la mezcla de polímero base.

[0052] Otros componentes convencionales tales como antioxidantes, coadyuvantes de procesamiento, lubricantes, pigmentos, otros rellenos y similares se pueden agregar al material de recubrimiento reforzado de la presente invención.

[0053] Los antioxidantes convencionales que son adecuados para este propósito son, por ejemplo: trimetildihidroquinolina polimerizada, 4,4'-tio-bis(3-metil-6-terc-butil)fenol; pentaeritritol tetrakis[3-(3,5-di-terc-butil-4-hidroxifenil)propionato], 2,2'-tio-dietileno-bis-[3-(3,5-di-terc-butil-4-hidroxifenil)propionato] y similares, o mezclas de estos.

[0054] Otros rellenos que se pueden utilizar en la presente invención incluyen, por ejemplo, partículas de vidrio, fibras de vidrio, caolín calcinado, talco y similares, o mezclas de estos. Los coadyuvantes de procesamiento que se suelen agregar a la base de polímero son, por ejemplo, estearato de calcio, estearato de zinc, ácido esteárico, cera de parafina, cauchos de silicona y similares, o mezclas de estos.

[0055] La fibra óptica protegida de la invención puede comprender al menos un recubrimiento exterior. Preferentemente, la fibra óptica protegida de la invención comprende dos recubrimientos exteriores que a continuación en la descripción también se pueden denominar primer y segundo recubrimiento, donde el segundo recubrimiento es radialmente externo al primero.

[0056] De forma ventajosa, un primer recubrimiento exterior adecuado para la presente invención puede estar hecho de una composición de recubrimiento curable por radiación que comprende un oligómero curable por radiación, donde dicho oligómero comprende una estructura principal derivada de polipropilenglicol y un poliéster polioliol basado en ácido dímero. Preferentemente, el oligómero es un oligómero de acrilato de uretano que comprende dicha estructura principal, más preferentemente un oligómero de acrilato de uretano completamente alifático.

[0057] De forma ventajosa, el material polimérico de dicho segundo recubrimiento exterior también se basa en una composición curable por radiación, preferentemente compatible con la primera formulación de recubrimiento. Por ejemplo, si el primer recubrimiento primario exterior tiene una base acrílica, el segundo recubrimiento exterior preferentemente también tendrá una base acrílica.

[0058] En una modalidad de la presente invención, el diámetro de la guía de onda óptica puede ser de entre 120 mm y 130 mm. El grosor del primer recubrimiento exterior puede ser de entre 25 mm y 35 mm, mientras que el grosor del segundo recubrimiento exterior típicamente puede ser de entre 10 mm y 30 mm.

[0059] En otra modalidad de la invención, el diámetro de la guía de onda óptica puede ser de entre 120 mm y 130 mm. El grosor del primer recubrimiento (2) puede ser de entre 18 mm y 28 mm, preferentemente de 22-23 mm, mientras que el grosor del segundo recubrimiento (3) puede ser de entre 10 mm y 20 mm, preferentemente de 15 mm.

[0060] En un segundo aspecto, la presente invención proporciona un método para controlar la dispersión de calor desde una fibra óptica, que comprende una guía de onda óptica, que proporciona la fibra óptica con un recubrimiento reforzado en contacto directo con dicha fibra óptica, donde dicho recubrimiento reforzado está hecho de un material de recubrimiento que tiene una densidad de al menos 1,2 Kg/dm³ y una conductividad térmica de al menos 0,4 W/mrK y donde el material de recubrimiento de estructura ajustada comprende una matriz polimérica y un relleno inorgánico, caracterizada porque dicha matriz polimérica se selecciona del grupo que consiste en polímeros y copolímeros de olefinas C2 a C8 (α-olefina), resina de copolímero de acetato de etilenvinilo, resina de copolímero de acrilato de etilenbutilo y una mezcla de estos, y dicho relleno inorgánico se selecciona de óxidos e hidróxidos inorgánicos.

[0061] En otro aspecto, la presente invención se refiere al uso de un material que comprende una matriz polimérica y un relleno inorgánico y que tiene una densidad de al menos 1,2 Kg/dm³ y una conductividad térmica de al menos 0,4 W/mrK como recubrimiento de estructura ajustada que elimina energía para una fibra óptica protegida, donde dicho material se caracteriza porque la matriz polimérica se selecciona del grupo que consiste en polímeros y copolímeros de olefinas C2 a C8 (α-olefina), resina de copolímero de acetato de etilenvinilo, resina de copolímero de acrilato de etilenbutilo y una mezcla de estos, y el relleno inorgánico se selecciona de óxidos e hidróxidos inorgánicos.

[0062] Preferentemente, la densidad del material de recubrimiento es de entre 1,2 y 1,7 Kg/dm³.

[0063] Más preferentemente, la densidad del material de recubrimiento es de entre 1,4 y 1,6 Kg/dm³.

[0064] Preferentemente, la conductividad térmica del material de recubrimiento es de entre 0,4 y 0,8 W/mK, más preferentemente de entre 0,6 y 0,75 W/mK.

5 **[0065]** De forma ventajosa, el material de recubrimiento de estructura ajustada según la invención tiene una difusividad térmica de al menos $0,2 \text{ m}^2/(\text{seg} \cdot 10^{-6})$.

[0066] Más preferentemente, la difusividad térmica del material de recubrimiento es de entre 0,2 y $0,3 \text{ m}^2/(\text{seg} \cdot 10^{-6})$.

10

[0067] De forma ventajosa, el material descrito arriba se utiliza como un recubrimiento de estructura ajustada con un grosor para proporcionar una fibra óptica protegida con un diámetro de entre 650 y 1000 μm , más preferentemente de entre 800 y 900 μm .

15 **[0068]** La presente invención se describirá con referencia a los siguientes ejemplos y figuras donde:

- La figura 1 muestra esquemáticamente una fibra óptica protegida según la invención:
- La figura 2 muestra el montaje experimental utilizado para investigar el comportamiento de una fibra óptica protegida.

20 **[0069]** Tal como se observa a partir de la figura 1, una fibra óptica protegida según la invención comprende una guía de onda óptica de vidrio (1) (núcleo+revestimiento), un primer recubrimiento exterior (2), también denominado recubrimiento primario, dispuesto para rodear dicha guía de onda (1) y un segundo recubrimiento exterior (3), también denominado recubrimiento secundario, dispuesto para rodear dicho primer recubrimiento (2). Se dispone un recubrimiento de estructura ajustada (4) para rodear en contacto directo con dicho segundo recubrimiento exterior (3).

25

[0070] El diámetro de la fibra óptica es de 250 μm con un primer grosor de recubrimiento exterior de 32,5 μm , mientras que el grosor del segundo recubrimiento exterior típicamente puede ser de 27,5 μm .

30 **[0071]** En otra modalidad de la invención, el grosor del primer y el segundo recubrimiento exterior se puede reducir a un diámetro general de 200 μm . En dicho caso, el grosor del primer recubrimiento (2) puede ser de 22-23 μm , mientras que el grosor del segundo recubrimiento (3) puede ser de 15 μm .

[0072] Típicamente, el grosor del recubrimiento de estructura ajustada (4) es tal como para llevar el diámetro de la fibra óptica protegida a un valor de 0,8 o 0,9 μm .

35

[0073] Por ejemplo, el primer recubrimiento (2) está hecho de una composición curable por radiación que comprende un oligómero curable por radiación tal como se describe en WO 01/05724.

40 **[0074]** Un ejemplo de una formulación que se puede utilizar como el segundo recubrimiento de la invención es la que se comercializa con el nombre DeSolite® 3471-2-136 (DSM).

45 **[0075]** La fibra óptica protegida de la invención se puede fabricar según las técnicas conocidas. Por ejemplo, el procedimiento de fabricación se puede realizar en dos etapas, donde la primera comprende las subetapas de diseñar la guía de onda óptica y recubrirla con al menos un recubrimiento exterior. Al final de esta primera etapa, la fibra óptica no protegida resultante se recoge en una bobina y se prepara para la segunda etapa. Dicha segunda etapa comprende el depósito del recubrimiento de estructura ajustada, por ejemplo, mediante extrusión.

[0076] Algunos ejemplos de parámetros para realizar la extrusión del recubrimiento de estructura ajustada de la invención son los siguientes:

50

- diámetro interno del extremo 0,35 μm
- diámetro externo del extremo 0,45 μm
- diámetro interno del troquel cónico 0,85 μm (para fibra protegida de 0,8 μm)
- diámetro interno del troquel cónico 0,95 μm (para fibra protegida de 0,9 μm)
- 55 - velocidad lineal: 100 m/min
- perfil térmico: Zona 1:150 °C / Zona 2:160 °C / Zona 3:170 °C / Cuello: 180 °C / Cabezal: 180 °C / Troquel: 180 °C
- Enfriamiento a través de: 9 m de agua a 25 °C
- tensión de desenrollado de fibra: 60g
- Tensión de recogida de fibra protegida: 150g

60

Ejemplo 1

Composición 1-4

65 **[0077]** Los materiales de recubrimiento de estructura ajustada según la invención se realizaron tal como se

establece en la tabla 1.

Tabla 1

| | Comp. 1 | Comp. 2 | Comp. 3* | Comp. 4* |
|-------------------------------------|---------|---------|----------|----------|
| Escorene™ UL | 70 | 85 | - | - |
| LLPDE | 20 | 15 | - | - |
| Kisuma™ 5-A | 160 | - | - | - |
| Martinal™ OL-107/LE | - | 180 | - | - |
| EPR injertado con anhídrido maleico | 20 | - | - | - |
| 3-aminopropiltrióxido de silano | - | 1,5 | - | - |
| Vestamide™ 1670 | - | - | 100 | - |
| Grilamid™ L 20 LF | | | | |

Escorene™ UL = acetato de etilenvinilo con vinilacetato al 19 % (por ExxonMobil);
 Kisuma™ 5-A = hidróxido de magnesio sintético (por KYOWA Chemical Industry Co., LTD);
 Martinal™ OL-107/LE = hidróxido de aluminio (por Albemarle); Vestamide™ 1670 = poliamida 12;
 Grilamid™ L 20 LF = poliamida rellena de grafito 12.

[0078] La cantidad del material se proporciona en phr

5

La composición 3 y 4 se proporcionan como comparación.

[0079] En la siguiente tabla 2, se proporcionan algunas propiedades de las composiciones de la tabla 1.

10

Tabla 2

| | Comp. 1 | Comp. 2 | Comp. 3* | Comp. 4* |
|---|---------|---------|----------|----------|
| Densidad (Kg/dm ³) | 1,48 | 1,53 | 1,01 | 1,08 |
| Difusividad térmica [m ² /(seg.10 ⁻⁶)] | 0,236 | 0,217 | 0,106 | 0,142 |
| Conductividad térmica (W/mK) | 0,681 | 0,624 | 0,290 | 0,350 |

Ejemplo 2

Análisis de fallas de fibra óptica protegida

15

[0080] Se evaluaron las fibras ópticas protegidas mediante la configuración descrita por I.M. Davies y col. *supra* y esbozada en la figura 2. Se conectó la fibra óptica protegida (6) a evaluar a un láser (5) con una potencia de salida de 1W y se colocó con un radio de curva mínimo de 4 mm mediante un dispositivo de curvado (8). El calentamiento de la parte curva de la fibra óptica protegida se midió a través de una cámara térmica (9), mientras que el aspecto de la fibra óptica protegida durante la prueba se grabó mediante una cámara de imagenología (7). Se midió la temperatura máxima alcanzada por las fibras y su comportamiento.

20

[0081] Se evaluaron dos fibras ópticas comerciales SM Light (de Prysmian Cavi e Sistemi Telecom) con DeSolite® 3471-1-129 como primer recubrimiento exterior y DeSolite® 3471-2-136 como segundo recubrimiento exterior según la configuración planteada arriba. La primera (F1) se proporcionó con un recubrimiento de estructura holgada hecho con la composición 1 del ejemplo 1, mientras que el segundo (F2) se proporcionó con un recubrimiento de estructura ajustada (diámetro final: 900 μm) hecho con la misma composición.

25

[0082] Se evaluaron las dos fibras protegidas en la configuración citada arriba. F1 se quemó después de 3 horas, mientras que F2 solo se plastificó, es decir, se ablandó hasta el punto de convertirse en moldeable, pero sin deterioro sustancial de la forma, 20 horas.

30

[0083] El experimento mostró que una fibra con recubrimiento de estructura holgada no es capaz de soportar la cantidad de potencia disipada proporcionada en la prueba, mientras que la fibra con recubrimiento de estructura ajustada es capaz de soportar las condiciones experimentales solo con un cambio insignificante del refuerzo que no afectaría la operación posterior de la fibra.

35

[0084] Una posible interpretación de dichos resultados de pruebas es que el recubrimiento de estructura ajustada con los valores de densidad y conductividad térmica seleccionados es capaz de permitir el calor generado internamente por la potencia de transmisión alta que se va a disipar fuera de la fibra, mientras que la construcción de estructura holgada proporciona un tipo de aislación térmica a la fibra, lo que produce que el recubrimiento se sobrecaliente y se queme.

[0085] Se proporcionó el mismo tipo de fibra óptica comercial que anteriormente con un recubrimiento de estructura ajustada (diámetro final: 900 mm) hecho con la composición 3 del ejemplo 1 (F3), y evaluado según la configuración planteada arriba. El recubrimiento reforzado de F3 se derritió en poco tiempo y se quemó después de 1,5 horas.

[0086] Se evaluó una serie de fibras ópticas protegidas con estructura ajustada diferentes según la configuración planteada arriba y los resultados se presentan en la siguiente tabla 3.

15

Tabla 3

| Fibra óptica protegida | Composición de refuerzo 1 (900 mm) | Composición de refuerzo 2 (900 mm) | Composición de refuerzo 3 (900 mm) | Composición de refuerzo 4 (900 mm) |
|------------------------|------------------------------------|------------------------------------|---|------------------------------------|
| Luz SM (1) | Plastificado después de 20 horas | Plastificado después de 20 horas | Fundido en corto tiempo, quemado después de 1,5 horas | |
| SF-SMF | Plastificado después de 20 horas | | | |
| Allwave™ | Plastificado después de 20 horas | | | |
| Anywave® Optomagic | Plastificado después de 20 horas | | | |
| SMF28™ Corning | Plastificado después de 20 horas | | | |
| SM Light (2) | Plastificado después de 20 horas | Plastificado después de 20 horas | Fundido en corto tiempo, quemado después de 4 horas | Fundido y quemado en corto tiempo |

SM Light (1): con DeSolite® 3471-1-129 como primer recubrimiento exterior y DeSolite® 3471-2-136 como segundo recubrimiento exterior (por Prysmian Cavi e Sistemi Telecom);
 SF-SMF: por Samsung;
 Allwave™: por Lucent Technologies;
 Anywave®: fibra monomodo de pico de agua bajo por Optomagic;
 SMF28™: fibra óptica monomodo por Corning;
 SM Light (2): con DeSolite® 6D1-78 como primer recubrimiento exterior y DeSolite® 3471-2-136 como segundo recubrimiento exterior (por Prysmian Cavi e Sistemi Telecom)

[0087] Independientemente de las características del recubrimiento o los recubrimientos externos, las fibras ópticas protegidas con una estructura ajustada según la invención son capaces de soportar alta potencia en la configuración de curva pequeña sin sufrir daños sustanciales, tales como fusión o quema de la capa de refuerzo.

REIVINDICACIONES

1. Una fibra óptica protegida que comprende una guía de onda óptica, al menos un recubrimiento exterior que rodea dicha guía de onda óptica y un recubrimiento reforzado que rodea dicho al menos un recubrimiento exterior, donde dicho recubrimiento reforzado es un recubrimiento de estructura ajustada hecho de un material que tiene una densidad de al menos 1,2 Kg/dm³ y una conductividad térmica de al menos 0,4 W/mrK y donde el material de recubrimiento de estructura ajustada comprende una matriz polimérica y un relleno inorgánico, **caracterizada porque** dicha matriz polimérica se selecciona del grupo que consiste en polímeros y copolímeros de olefinas C₂ a C₈ (a-olefina), resina de copolímero de acetato de etilenvinilo, resina de copolímero de acrilato de etilenbutilo y una mezcla de estos, y dicho relleno inorgánico se selecciona de óxidos e hidróxidos inorgánicos.
2. Una fibra óptica protegida según la reivindicación 1 donde la densidad del material de recubrimiento es de entre 1,4 y 1,6 Kg/dm³.
3. Una fibra óptica protegida según la reivindicación 1 donde la conductividad térmica del material de recubrimiento es de entre 0,6 y 0,75 W/mK.
4. Una fibra óptica protegida según la reivindicación 1 donde el material de recubrimiento del recubrimiento de estructura ajustada tiene una difusividad térmica de al menos 0,2 m²/(seg^{10⁻⁶}).
5. Una fibra óptica protegida según la reivindicación 4 donde la difusividad térmica del material de recubrimiento es de entre 0,2 y 0,3 m²/(seg^{10⁻⁶}).
6. Una fibra óptica protegida según la reivindicación 1 donde el recubrimiento de estructura ajustada tiene un grosor para proporcionar una fibra óptica protegida con un diámetro de entre 800 y 900 mm.
7. Una fibra óptica protegida según la reivindicación 1 donde el relleno inorgánico es hidróxido de aluminio, hidróxido de magnesio o mezclas de estos.
8. Una fibra óptica protegida según la reivindicación 1 donde el relleno inorgánico se encuentra en una cantidad de entre el 50 % y el 80 % en peso con respecto al peso total de la composición del material de recubrimiento.
9. Una fibra óptica protegida según la reivindicación 1 que comprende un primer recubrimiento exterior hecho de una composición de recubrimiento curable por radiación que comprende un oligómero curable por radiación, donde dicho oligómero comprende una estructura principal derivada de polipropilenglicol y un poliéster polioliol basado en ácido dímero.
10. Método para controlar la dispersión de calor desde una fibra óptica, que comprende una guía de onda óptica, que proporciona la fibra óptica con un recubrimiento reforzado en contacto directo con dicha fibra óptica, donde dicho recubrimiento reforzado está hecho de un material de recubrimiento que tiene una densidad de al menos 1,2 Kg/dm³ y una conductividad térmica de al menos 0,4 W/mrK y donde el material de recubrimiento de estructura ajustada comprende una matriz polimérica y un relleno inorgánico, **caracterizada porque** dicha matriz polimérica se selecciona del grupo que consiste en polímeros y copolímeros de olefinas C₂ a C₈ (a-olefina), resina de copolímero de acetato de etilenvinilo, resina de copolímero de acrilato de etilenbutilo y una mezcla de estos, y dicho relleno inorgánico se selecciona de óxidos e hidróxidos inorgánicos.
11. Uso de un material que comprende una matriz polimérica y un relleno inorgánico y que tiene una densidad de al menos 1,2 Kg/dm³ y una conductividad térmica de al menos 0,4 W/mrK como recubrimiento de estructura ajustada que elimina energía para una fibra óptica protegida, donde dicho material se **caracteriza porque** la matriz polimérica se selecciona del grupo que consiste en polímeros y copolímeros de olefinas C₂ a C₈ (a-olefina), resina de copolímero de acetato de etilenvinilo, resina de copolímero de acrilato de etilenbutilo y una mezcla de estos, y el relleno inorgánico se selecciona de óxidos e hidróxidos inorgánicos.
12. Uso de un material según la reivindicación 11 que tiene una densidad de entre 1,4 y 1,6 Kg/dm³.
13. Uso de un material según la reivindicación 11 que tiene una conductividad térmica de entre 0,6 y 0,75 W/mK.
14. Uso de un material según la reivindicación 11 que tiene una difusividad térmica de entre 0,2 y 0,3 m²/(sem^{10⁻⁶}).

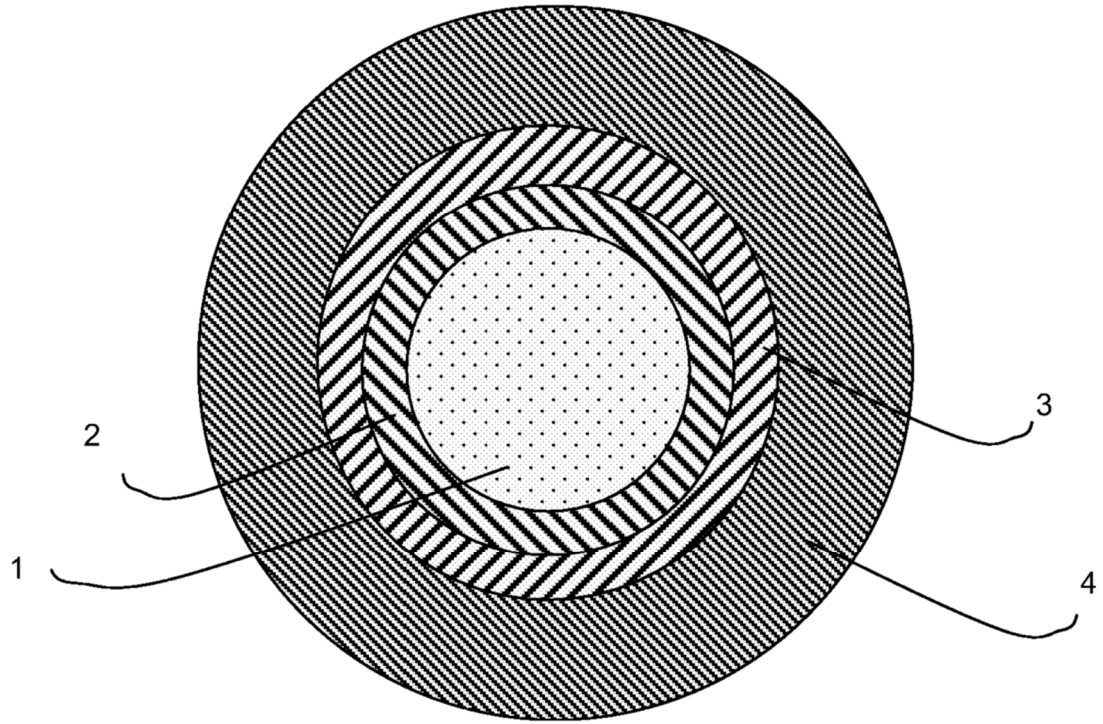


Fig. 1

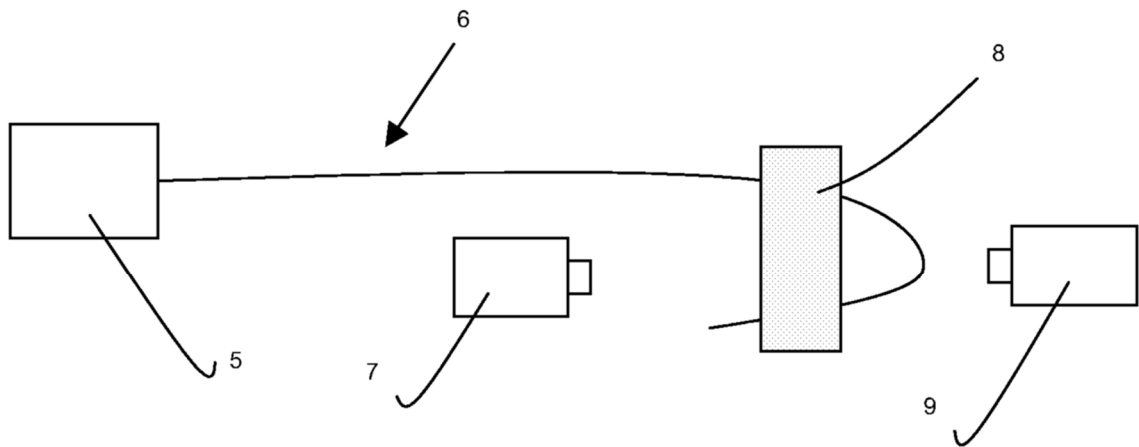


Fig. 2