

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 674 887**

51 Int. Cl.:

G02B 6/44 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.02.2012 PCT/US2012/025918**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.11.2012 WO12161775**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.02.2012 E 12712787 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.04.2018 EP 2678728**

54 Título: **Cable de interconexión para fibras ópticas**

30 Prioridad:

21.02.2011 US 201161444960 P
05.08.2011 US 201161515532 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
04.07.2018

73 Titular/es:

DRAKA COMTEQ B.V. (100.0%)
De Boelelaan 7
1083 HJ Amsterdam, NL

72 Inventor/es:

RISCH, BRIAN, G.;
ROSKO, JOHN, C. y
TATAT, OLIVIER

74 Agente/Representante:

ARPE FERNÁNDEZ, Manuel

ES 2 674 887 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

Cable de interconexión para fibras ópticas

5 AMBITO DE LA INVENCION

[0001] La presente invención se refiere a cables de interconexión para fibras ópticas.

10 ANTECEDENTES

[0002] En comparación con las redes basadas en cable tradicionales, las redes de comunicación de fibra óptica son capaces de transmitir significativamente más información a velocidades significativamente más altas. Por lo tanto, las fibras ópticas se utilizan cada vez más en las redes de comunicación. Los elementos de transmisión óptica de datos también se integran cada vez más en ordenadores, sistemas informáticos y otros dispositivos electrónicos.

[0003] Se han usado varios tipos de cables de interconexión, tales como cables USB, para conectar ordenadores a dispositivos periféricos. Sin embargo, los cables de interconexión convencionales no son compatibles con la transmisión óptica de datos. Con la expansión de las comunicaciones ópticas en y entre ordenadores y dispositivos periféricos, existe la necesidad de un cable de interconexión de fibra óptica que pueda facilitar la transmisión óptica de datos.

20 RESUMEN

[0004] La presente invención abarca un cable de interconexión de fibra óptica. El cable de interconexión incluye típicamente una subunidad flexible, que típicamente tiene una o más fibras ópticas (por ejemplo, fibras de modos múltiples) contenidas dentro de un tubo polimérico flexible. El tubo polimérico flexible típicamente tiene un módulo de Young menor de aproximadamente 100 MPa. El cable de interconexión típicamente incluye uno o más conductores de alta conductividad. Una cubierta externa rodea la subunidad flexible y los conductores de alta conductividad. La cubierta externa típicamente tiene un módulo de Young menor de aproximadamente 150 MPa.

[0005] Un cable de interconexión de fibra óptica según el preámbulo de la reivindicación 1 se describe en el documento DE9302981U.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

35 **[0006]**

La figura 1 representa esquemáticamente una vista en sección transversal de un cable de interconexión para fibra óptica.

La figura 2 es una fotografía de un cable de interconexión de fibra óptica prototipo y ejemplar de acuerdo con la presente invención.

La figura 3 es una fotografía que representa un cable de interconexión que se somete a la prueba de pinzado.

40 DESCRIPCIÓN DETALLADA

[0007] La presente invención abarca un cable de interconexión de fibra óptica.

[0008] A este respecto, la figura 1 representa un cable 10 de interconexión de fibra óptica ejemplar de acuerdo con la presente invención. El cable 10 de interconexión de fibra óptica incluye típicamente al menos una subunidad 11 flexible (por ejemplo, un tubo flexible), que normalmente tiene una o más (por ejemplo, de dos a cuatro) fibras ópticas 12 rodeadas por un tubo polimérico flexible 13 (es decir, un *flextube*) Por ejemplo, la subunidad flexible 11 puede incluir al menos seis fibras ópticas 12 (por ejemplo, doce fibras ópticas) rodeadas por un tubo polimérico flexible 13.

[0009] Típicamente, el cable de interconexión de fibra óptica 10 también incluye uno o más conductores 14 de alta conductividad aislados (por ejemplo, conductores eléctricos). Como se representa en la figura 1, una cubierta exterior 15 incluye típicamente la subunidad flexible 11 y los conductores aislados de alta conductividad 14. En algunas realizaciones, el cable de interconexión de fibra óptica 10 también puede tener un elemento de refuerzo 16 (por ejemplo, hilos de refuerzo situados dentro del espacio central de la cubierta exterior).

[0010] A este respecto, un cable de interconexión de fibra óptica ejemplar de acuerdo con la presente invención emplea típicamente conductores de alta conductividad (es decir, conductores eléctricos), conductores ópticos e hilos de refuerzo para lograr un núcleo lleno en seco. En una realización típica, los hilos de refuerzo llenan el espacio libre alrededor de los conductores eléctricos y las subunidades flexibles que contienen conductores ópticos (es decir, la parte del espacio central de la cubierta exterior no ocupada por los conductores eléctricos y los conductores ópticos). Más típicamente, a lo largo de un cable de interconexión de fibra óptica, los hilos de refuerzo llenan el espacio libre alrededor de los conductores eléctricos y las subunidades flexibles que encierran los conductores ópticos.

[0011] Los expertos en la materia apreciarán que el concepto de hilos de refuerzo que llenan espacio libre dentro del espacio central de la cubierta exterior no pretende significar que no existan vacíos entre los hilos de refuerzo adyacentes. Por el contrario, este concepto pretende transmitir la idea de que los hilos de refuerzo están más o menos presentes en forma de relleno de fibra.

[0012] La figura 2, que es una fotografía que representa un cable de interconexión de fibra óptica prototipo según la presente invención, ilustra este concepto (por ejemplo, hilos de refuerzo longitudinales que llenan el espacio libre alrededor de los conductores eléctricos y el elemento de revestimiento flexible, que contiene conductores ópticos). En particular, los hilos de refuerzo mostrados en la figura 2 no solo mejoran la resistencia a tracción y la resistencia a aplastamiento del cable, sino que también proporcionan protección lateral para los conductores ópticos (por ejemplo, limitando el movimiento lateral de la subunidad flexible).

[0013] El cable 10 de interconexión de fibra óptica está diseñado típicamente de modo que el radio de curvatura sea auto-limitado para evitar la transgresión del radio mínimo de flexión de la fibra óptica (es decir, el radio mínimo de curvatura que poseen las fibras ópticas constitutivas). Por ejemplo, los componentes constitutivos del cable de interconexión (por ejemplo, los conductores eléctricos y la cubierta exterior circundante) pueden mejorar las propiedades mecánicas del cable, evitando así una flexión excesiva del cable de interconexión de fibra óptica que podría causar una atenuación óptica indeseable. De hecho, las propiedades mecánicas del cable se pueden modificar para lograr deseables características de flexión auto-limitadas. Las propiedades mecánicas ejemplares incluyen, sin limitación, (i) espesor del cable (por ejemplo, diámetro), (ii) rigidez del cable, y (iii) relación de llenado del núcleo del cable. Como apreciarán los expertos en la técnica, las características de los elementos constitutivos del cable determinarán las propiedades de flexión resultantes del cable de interconexión de fibra óptica.

[0014] Como se ha indicado, el cable de interconexión de fibra óptica 10 incluye típicamente al menos una subunidad flexible 11. En una realización ejemplar, la subunidad flexible 11 incluye una o más fibras ópticas de múltiples modos (por ejemplo, fibras ópticas de múltiples modos convencionales con un núcleo de 50 micrómetros, tales como fibras de modos múltiples OM2, que cumplen con las recomendaciones UIT-T G.651.1). Ejemplos de fibras ópticas de múltiples modos que pueden emplearse incluyen fibras ópticas de múltiples modos MaxCap™ (OM2+, OM3 u OM4) disponibles comercialmente en Draka (Claremont, Carolina del Norte).

[0015] A modo de ejemplo adicional, la subunidad flexible 11 puede incluir fibras ópticas de múltiples modos insensibles a curvatura, tales como fibras ópticas de múltiples modos MaxCap™-BB-OMx comercializadas por Draka (Claremont, Carolina del Norte). A este respecto, las fibras ópticas de múltiples modos insensibles a curvatura típicamente tienen pérdidas por macro-curvatura de (i) no mayores de 0,1 dB a una longitud de onda de 850 nanómetros para un bobinado de dos vueltas alrededor de un carrete con un radio de curvatura de 15 milímetros y (ii) no mayores de 0,3 dB a una longitud de onda de 1300 nanómetros para un bobinado de dos vueltas alrededor de un carrete con un radio de curvatura de 15 milímetros.

[0016] Por el contrario, de acuerdo con las recomendaciones ITU-T G.651.1, las fibras ópticas de múltiples modos estándar tienen pérdidas por macro-curvatura (i) no mayores de 1 dB a una longitud de onda de 850 nanómetros para un bobinado de dos vueltas alrededor de un carrete con un radio de curvatura de 15 milímetros y (ii) no mayores de 1 dB a una longitud de onda de 1300 nanómetros para un bobinado de dos vueltas alrededor de un carrete con un radio de curvatura de 15 milímetros. Además, tal como se mide usando un bobinado de dos vueltas alrededor de un carrete con un radio de curvatura de 15 milímetros, tales fibras ópticas de múltiples modos estándar típicamente tienen pérdidas por macro-curvatura (i) superiores a 0,1 dB, más típicamente superiores a 0,2 dB (por ejemplo, 0,3 dB o mayores), a una longitud de onda de 850 nanómetros y (ii) superiores a 0,3 dB, más típicamente superiores a 0,4 dB (por ejemplo, 0,5 dB o más), a una longitud de onda de 1300 nanómetros.

[0017] Las fibras ópticas de múltiples modos son ventajosas, porque su diámetro de núcleo relativamente grande facilita una fácil conexión. En consecuencia, está dentro del alcance de la presente invención emplear fibras ópticas de múltiples modos que tengan diámetros de núcleo aumentados (por ejemplo, 62,5 micrómetros o más), tal como entre aproximadamente 70 micrómetros y 100 micrómetros (por ejemplo, aproximadamente 80 micrómetros). Una fibra óptica de modos múltiples ejemplar con un diámetro de núcleo ampliado se describe en la solicitud de patente de Estados Unidos ordinariamente cedida número 61/511.672 para una fibra óptica de múltiples modos con resistencia a curvatura mejorada, presentada el 26 de julio de 2011 (Molin et al.). En particular, esta solicitud de patente de Estados Unidos N° 61/511.672 describe una fibra óptica de múltiples modos asistida por zanja que tiene una resistencia a curvatura mejorada. Otra fibra óptica de múltiples modos ejemplar que tiene un diámetro de núcleo ampliado se describe en la publicación de la solicitud de patente de Estados Unidos número 2010/0220966 A1.

[0018] En una realización alternativa, la subunidad flexible 11 incluye una pluralidad de fibras de modo único convencionales estándar (SSMF). Las fibras ópticas de modo único adecuadas (por ejemplo, fibras de modo único mejoradas (ESMF)) que cumplen con las recomendaciones ITU-T G.652.D están comercialmente disponibles, por ejemplo, de Draka (Claremont, Carolina del Norte).

[0019] En aún otra realización alternativa, la subunidad flexible 11 incluye una pluralidad de fibras ópticas de modo único insensibles a curvatura. Las fibras ópticas de modo único insensibles a curvatura, que son menos susceptibles a la atenuación (por ejemplo, causadas por micro-curvatura o macro-curvatura), están disponibles comercialmente en Draka (Claremont, Carolina del Norte) bajo el nombre comercial BendBright®. Las fibras ópticas BendBright® cumplen con las recomendaciones ITU-T G.652.D. Dicho esto, está dentro del alcance de la presente invención emplear una fibra de vidrio insensible a curvatura que cumpla con las recomendaciones UIT-T G.657.A (por ejemplo, la ITU-T G.657.A1 (noviembre de 2009) y las subcategorías UIT-T G.657.A2 (noviembre de 2009) y/o las recomendaciones UIT-T G.657.B (por ejemplo, la UIT-T G.657.B2 (noviembre de 2009) y las subcategorías UIT-T G.657.B3 (noviembre de 2009)).

[0020] A este respecto, las fibras de vidrio de modo único insensibles a curvatura particularmente notables para uso en la presente invención están disponibles comercialmente en Draka (Claremont, Carolina del Norte) bajo el nombre comercial BendBrightXS®. Las fibras ópticas BendBrightXS® no solo cumplen con las recomendaciones ITU-T G.652.D e ITU-T G.657.A/B, sino que también demuestran una mejora significativa con respecto tanto a macro-curvatura como micro-curvatura. En comparación con tales fibras ópticas de modo único insensibles a curvatura, las

fibras ópticas convencionales de modo único normalmente no cumplen con las recomendaciones ITU-T G.657.A o las recomendaciones ITU-T G.657.B, pero sí cumplen típicamente con las recomendaciones UIT-T G.652 (por ejemplo, las recomendaciones UIT-T G.652.D).

[0021] Como se establece en la publicación de solicitud de patente internacional ordinariamente cedida número WO 2009/062131 A1 para una Fibra Óptica Resistente a micro-curvatura y publicación de solicitud de patente de EE. UU., número US 2009/0175583 para una fibra óptica resistente a micro-curvatura, que emparejando una fibra de vidrio insensible a curvatura (por ejemplo, fibras de vidrio de modo único de Draka disponibles bajo el nombre comercial BendBrightXS®) y un recubrimiento primario que tiene un módulo muy bajo, logra fibras ópticas que tienen pérdidas excepcionalmente bajas (por ejemplo, reducciones en la sensibilidad a micro-curvatura de, al menos, 10x en comparación con una fibra de modo único que emplea un sistema de revestimiento convencional).

[0022] Las fibras ópticas desplegadas en la subunidad flexible 11 pueden emplear los recubrimientos de fibra óptica descritos en la publicación de solicitud de patente internacional número WO 2009/062131 A1 y la publicación de solicitud de patente estadounidense número US 2009/0175583 con fibras ópticas de modo único o fibras ópticas de múltiples modos.

[0023] Las fibras ópticas típicamente tienen un diámetro externo de entre aproximadamente 235 micrómetros y 265 micrómetros, aunque pueden usarse fibras ópticas que tienen diámetros más pequeños.

[0024] A modo de ejemplo, la fibra de vidrio componente puede tener un diámetro exterior de aproximadamente 125 micrómetros. Con respecto a las capas de revestimiento circundantes de la fibra óptica, el revestimiento primario puede tener un diámetro exterior de entre aproximadamente 175 micrómetros y 195 micrómetros (es decir, un espesor de revestimiento primario de entre aproximadamente 25 micrómetros y 35 micrómetros) y el revestimiento secundario puede tener un diámetro exterior de entre aproximadamente 235 micrómetros y 265 micrómetros (es decir, un espesor de recubrimiento secundario de entre aproximadamente 20 micrómetros y 45 micrómetros). Al menos una de las capas de revestimiento, típicamente el recubrimiento secundario, puede estar coloreada y/o poseer otras marcas para ayudar a identificar fibras individuales. Opcionalmente, la fibra óptica puede incluir una capa de tinta más externa, que típicamente se encuentra comprendida entre dos y diez micrómetros.

[0025] Una fibra óptica puede poseer un diámetro reducido (por ejemplo, un diámetro más externo entre aproximadamente 150 micrómetros y 230 micrómetros). En esta configuración de fibra óptica alternativa, el espesor del revestimiento primario y/o el revestimiento secundario se reduce, mientras que el diámetro del componente de fibra de vidrio se mantiene en aproximadamente 125 micrómetros.

[0026] A modo de ejemplo, la capa de recubrimiento primario puede tener un diámetro externo de entre aproximadamente 135 micrómetros y aproximadamente 175 micrómetros (por ejemplo, aproximadamente 160 micrómetros), típicamente menor de 165 micrómetros (por ejemplo, entre aproximadamente 135 micrómetros y 150 micrómetros) y habitualmente mayor de 140 micrómetros (por ejemplo, entre aproximadamente 145 micrómetros y 155 micrómetros, tal como aproximadamente 150 micrómetros). Además, en tales realizaciones a modo de ejemplo, la capa de revestimiento secundaria puede tener un diámetro exterior de entre aproximadamente 150 micrómetros y aproximadamente 230 micrómetros (por ejemplo, más de aproximadamente 165 micrómetros, tal como 190-210 micrómetros aproximadamente), típicamente entre aproximadamente 180 micrómetros y 200 micrómetros. En otras palabras, el diámetro total de la fibra óptica se reduce a menos de aproximadamente 230 micrómetros (por ejemplo, entre aproximadamente 195 micrómetros y 205 micrómetros, y especialmente aproximadamente 200 micrómetros).

[0027] El diámetro del componente de fibra de vidrio puede reducirse a menos de 125 micrómetros (por ejemplo, entre aproximadamente 60 micrómetros y 120 micrómetros), quizás entre aproximadamente 70 micrómetros y 115 micrómetros (por ejemplo, aproximadamente 80 a 110 micrómetros). Esto se puede lograr, por ejemplo, reduciendo el espesor de una o más capas de revestimiento. En comparación con la realización alternativa anterior, (i) el diámetro total de la fibra óptica puede reducirse (es decir, el grosor de los revestimientos primario y secundario se mantiene de acuerdo con la realización alternativa anterior) o (ii) los espesores respectivos de los revestimientos primario y/o secundario pueden aumentarse con respecto a la realización alternativa anterior (por ejemplo, de manera que se pueda mantener el diámetro total de la fibra óptica).

[0028] A modo de ilustración, con respecto a la primera, una fibra de vidrio componente que tiene un diámetro de entre aproximadamente 90 y 100 micrómetros se puede combinar con una capa de revestimiento primario que tiene un diámetro exterior de entre aproximadamente 110 micrómetros y 150 micrómetros (por ejemplo, aproximadamente 125 micrómetros) y una capa de revestimiento secundario que tiene un diámetro exterior de entre aproximadamente 130 micrómetros y 190 micrómetros (por ejemplo, aproximadamente 155 micrómetros). Con respecto a la última, una fibra de vidrio componente que tiene un diámetro de entre aproximadamente 90 y 100 micrómetros podría combinarse con una capa de revestimiento primario con un diámetro exterior de entre aproximadamente 120 micrómetros y 140 micrómetros (por ejemplo, aproximadamente 130 micrómetros) y una secundaria capa de recubrimiento que tiene un diámetro exterior de entre aproximadamente 160 micrómetros y 230 micrómetros (por ejemplo, aproximadamente 195 a 200 micrómetros).

[0029] La figura 1 representa las fibras ópticas 12 que están contenidas dentro de un tubo polimérico flexible 13. Las fibras ópticas 12 pueden atarse o trenzarse dentro del tubo polimérico flexible 13. Típicamente, el tubo polimérico flexible 13 se forma a partir de un material polimérico que tiene un módulo de Young (por ejemplo, a 25° C) menor de aproximadamente 300 mega-pascales (MPa), típicamente menor de aproximadamente 200 MPa (por ejemplo, de 50 MPa a 150 MPa), y más típicamente menor de aproximadamente 100 MPa. Para alcanzar un módulo de Young inferior a aproximadamente 100 MPa (por ejemplo, menor de aproximadamente 80 MPa), el tubo polimérico flexible 13 puede formarse a partir de un elastómero de copoliéster termoplástico, tal como Hytrel® HTR8351, que está disponible comercialmente en DuPont.

[0030] Sin embargo, se pueden emplear otros materiales que tengan un módulo de Young adecuado. A este respecto, el tubo polimérico flexible 13 puede formarse a partir de Santoprene®, que es una mezcla de caucho de EPDM y polipropileno. El Santoprene® se encuentra disponible comercialmente en Exxon Mobile.

5 **[0031]** Las propiedades mecánicas de materiales adecuados para el tubo polimérico flexible (es decir, el tubo flexible) se muestran en la tabla 1 (a continuación):

Tabla 1

| Material | Resistencia a tracción (MPa) | Alargamiento porcentaje | Módulo (MPa) |
|---------------------|------------------------------|-------------------------|--------------|
| Santoprene 201-87 | 11 | 818 | 83 |
| Hytrel HTR8351NC020 | 10 | 160 | 25 |

10 **[0032]** A modo de ejemplo adicional, el tubo polimérico flexible 13 puede formarse a partir de un material que tiene un módulo de Young de entre aproximadamente 10 MPa y 90 MPa (por ejemplo, de 25 MPa a 75 MPa). En algunas realizaciones, el tubo polimérico flexible 13 puede formarse a partir de un material que tiene un módulo de Young mayor de aproximadamente 50 MPa. En otras realizaciones, el tubo polimérico flexible 13 puede formarse a partir de un material que tiene un módulo de Young inferior a 50 MPa (por ejemplo, aproximadamente 17 MPa), tal como
15 entre aproximadamente 20 MPa y 40 MPa (por ejemplo, entre aproximadamente 25 MPa y 30 MPa).)

[0033] El tubo polimérico flexible 13 tiene típicamente un diámetro exterior de menos de un milímetro. En una realización típica, el tubo polimérico flexible tiene un diámetro interno de aproximadamente 600 micrómetros y un diámetro exterior de aproximadamente 800 micrómetros.

20 **[0034]** Los conductores aislados de alta conductividad 14 se pueden usar para proporcionar potencia a un dispositivo conectado al cable 10 de interconexión de fibra óptica. A este respecto, la figura 1 representa el cable 10 de interconexión de fibra óptica con dos conductores de alta conductividad aislados 14, que normalmente se designarían para VBUS y conexiones eléctricas a tierra. Típicamente, los conductores 14 son de cobre, aunque pueden emplearse otros metales de alta conductividad (por ejemplo, aluminio, plata u oro) o aleaciones metálicas como alternativa al cobre. Aquellos que tienen una habilidad normal apreciarán que los conductores de alta
25 conductividad pueden ser trenzados o ser macizos.

[0035] En una realización ejemplar, cada conductor 14 puede tener un tamaño de 24 AWG (calibre de cable de América) (es decir, que tiene un área de sección transversal de 404 milésimas de pulgada). Dicho esto, los expertos en la materia apreciarán que el tamaño de los conductores de alta conductividad 14 dependerá de la capacidad de transporte de corriente deseada del cable de interconexión 10. De hecho, debido a que la capacidad de transporte de corriente del cable de interconexión 10 depende del área de la sección transversal de los conductores de alta conductividad 14, las mayores necesidades de capacidad de transporte de corriente requieren típicamente conductores de alta conductividad de mayor diámetro. Además, como apreciarán los expertos en la técnica, la distancia máxima especificada para la transferencia de potencia del dispositivo está limitada por el calibre de cable de los conductores de alta conductividad 14.

35 **[0036]** Cada conductor 14 está típicamente aislado. Cada conductor 14 puede aislarse con un material tal como LDPE o LLDPE aislante, una poliolefina reticulada químicamente, polietileno reticulado, caucho de etileno propileno exento de halógenos, un compuesto de aislamiento exento de halógenos de bajo humo o cloruro de polivinilo (PVC)

[0037] Los conductores de alta conductividad 14 pueden trenzarse mutuamente para formar un par trenzado. Además, la subunidad flexible 11, puede trenzarse sobre los conductores de alta conductividad 14 (por ejemplo, trenzados alrededor de un par trenzado de conductores eléctricos que están ubicados centralmente dentro del cable de interconexión). Este trenzado puede realizarse helicoidalmente en una dirección, conocido como trenzado "S" o "Z", o a través de trenzado de tendido oscilante inverso, conocido como trenzado "S-Z". El trenzado de la subunidad flexible alrededor de un par trenzado en posición central podría reducir la tensión de la fibra óptica cuando se produce tensión del cable durante la instalación y el uso.

45 **[0038]** Alternativamente, la subunidad flexible 11 y/o los conductores de alta conductividad 14 pueden posicionarse libremente dentro del cable de interconexión 10. Por ejemplo, la subunidad flexible puede no estar intencionalmente trenzada o dispuesta alrededor de un par trenzado de una manera particular, sino que puede discurrir paralela a los conductores eléctricos o al par trenzado.

[0039] Se encuentra dentro del alcance de la presente invención colocar los conductores de alta conductividad 14 dentro del espacio central del cable para definir un plano de flexión preferente. Por ejemplo, los conductores de alta conductividad 14 pueden estar dispuestos diametralmente opuestos entre sí dentro del núcleo del cable (o incluso ligeramente fuera del eje con respecto al diámetro del cable) para facilitar la definición de un eje de curvatura preferido.

50 **[0040]** El cable de interconexión de fibra óptica incluye un elemento de refuerzo 16. El miembro de refuerzo 16 incluye hilos de alta resistencia (hilos de aramida) que rodean la subunidad flexible 11 y los conductores de alta conductividad 14. Como comprenderán los que tienen una habilidad ordinaria en la técnica, tales hilos de refuerzo proporcionan resistencia a tracción y resistencia al aplastamiento al cable de interconexión.

55 **[0041]** El cable de interconexión de fibra óptica según la presente invención puede incluir hilos, tela no tejida, telas (por ejemplo, cintas), espumas u otros materiales que contienen material hinchable en agua y/o recubiertos con materiales hinchables en agua (por ejemplo, incluyendo polímeros súper absorbentes (SAP), tal como polvo de SAP) para proporcionar el bloqueo al agua. Por ejemplo, el miembro de refuerzo 16 puede incluir hilos de alta resistencia que están recubiertos con material hinchable en agua, tal como polvo de SAP.
60

[0042] Una cubierta exterior 15 contiene la subunidad flexible 11, los conductores de alta conductividad 14 y el elemento de refuerzo 16. Típicamente, la cubierta exterior 15 está formada predominantemente de poliolefina(s), tales como polietileno (por ejemplo, LDPE, LLDPE, o HDPE) o polipropileno, incluyendo poliolefinas fluoradas, poliésteres (por ejemplo, tereftalato de polibutileno), poliamidas (por ejemplo, nailon), acetato de etileno-vinilo (EVA), cloruro de polivinilo (PVC), así como otros materiales poliméricos y mezclas. Los materiales poliméricos pueden incluir una composición susceptible de endurecerse (por ejemplo, un material susceptible de endurecerse por UV) o un material termoplástico, tal como un material termoplástico de bajo nivel de humo y exento de halógenos (LSZH).

[0043] En una realización más típica, la cubierta exterior 15 puede estar formada predominantemente por un compuesto ignífugo exento de halógenos (HFFR). Por ejemplo, la cubierta exterior puede formarse a partir de ECCOH® 6638, que está disponible comercialmente de PolyOne Corporation. ECCOH® 6638 es un compuesto ignífugo sin halógenos (HFFR) que incluye polietileno, EVA, ignífugos exentos de halógenos y otros aditivos. Otros ejemplos de compuestos HFFR incluyen ECCOH® 6150, que está disponible comercialmente en PolyOne Corporation, y MEGOLON® HF 1876, MEGOLON® S545, MEGOLON® S380, y MEGOLON® HF 8142, que están disponibles comercialmente en Alpha Gary Corporation.

[0044] Incluso más típicamente, la cubierta exterior 15 puede formarse predominantemente a partir de un compuesto HFFR de bajo módulo. Un compuesto HFFR de bajo módulo típicamente tiene un módulo de Young (por ejemplo, a 25° C) menor de aproximadamente 150 megapascales (MPa) (por ejemplo, entre aproximadamente 50 MPa y 150 MPa), tal como menos de aproximadamente 100 MPa (por ejemplo, menos de aproximadamente 80 MPa). Ejemplos de compuestos HFFR de bajo módulo incluyen ECCOH® 5549 y ECCOH® 5924, que están disponibles comercialmente de PolyOne Corporation. Se ha encontrado que los compuestos HFFR con bajo módulo muestran prestaciones a curvatura robustas y una deformación plástica mínima.

[0045] Por consiguiente, los materiales poliméricos utilizados para formar la cubierta exterior 15 pueden contener aditivos, tales como agentes de nucleación, retardadores de llama, retardadores de humo, antioxidantes, absorbentes de UV y/o plastificantes. Por ejemplo, la cubierta exterior 15 puede incluir un material que proporcione resistencia a altas temperaturas y resistencia química (por ejemplo, un material aromático o material de polisulfona).

[0046] A este respecto, la cubierta exterior 15 tiene típicamente una clasificación de resistencia al fuego de al menos aproximadamente VW-1. En otras palabras, la cubierta exterior normalmente puede pasar la prueba de llama de hilo vertical UL VW-1 (UL 1581). Además, el material de la cubierta exterior puede tener una clasificación de llama vertical y/o clasificación de llama de plenum. Además, el cable 10 de interconexión de fibra óptica puede tener una clasificación vertical con respecto a la resistencia al fuego del cable.

[0047] La cubierta exterior 15 posee típicamente una sección transversal circular. Sin embargo, se encuentra dentro del alcance de la presente invención emplear una cubierta exterior que posea formas no circulares (por ejemplo, una sección transversal ovalada o trapezoidal) o incluso formas algo irregulares.

[0048] El diámetro exterior de la cubierta exterior 15 es típicamente inferior a aproximadamente 5 milímetros (por ejemplo, aproximadamente 4,8 milímetros). En una realización, la cubierta exterior 15 tiene un diámetro exterior de aproximadamente 4 milímetros. En otras realizaciones, la cubierta exterior 15 tiene un diámetro exterior menor de 4 milímetros (por ejemplo, 3,7 milímetros), tal como menor de 3,5 milímetros (por ejemplo, 3,0 milímetros o menos).

[0049] El cable 10 de interconexión de fibra óptica puede equipar previamente conectores para uso final. Por ejemplo, una longitud específica del cable incluye un conector en cada uno de sus extremos. Cada conector generalmente incluye una o más características de interferencia mecánica que aseguran una polarización y alineación adecuadas de todas las conexiones, garantizando así que no se produzcan daños en las conexiones ópticas o las conexiones eléctricas durante la inserción y extracción del conector. Cada conector incluye típicamente un elemento aguas arriba y un elemento de aguas abajo (por ejemplo, características similares a USB). Además, el conector puede incluir elementos de alivio de tensión diseñados para evitar el acodamiento en la interfaz del cable-conector que podría dañar las fibras ópticas o los conductores eléctricos.

[0050] Un cable de interconexión de fibra óptica de acuerdo con la presente invención puede someterse a una prueba de pinzado como se representa en la figura 3. Durante la prueba de pinzado, un cable de interconexión se pliega sobre sí mismo de modo que las dos porciones de cable a cada lado del los pliegues son sustancialmente paralelos entre sí, creando así una pinzado en el cable de interconexión. El cable doblado resultante tiene un diámetro máximo de aproximadamente el doble del diámetro normal del cable. En el punto de pinzado, el cable se aplana y tiene un diámetro menor que su diámetro normal. Aunque el cable tiene un diámetro reducido en y cerca del punto de pinzado, el resto del cable conserva su diámetro normal. El cable se mantiene en este estado comprimido durante aproximadamente 10 minutos. Después de que han transcurrido 10 minutos y mientras el cable se mantiene en estado pinzado, se mide la atenuación de las fibras ópticas en el cable (por ejemplo, a temperatura ambiente).

[0051] La prueba de pinzado se ha realizado en un cable de interconexión que tiene un diámetro externo de 4,8 milímetros y un diámetro interno de 3,1 milímetros. La cubierta del cable se formó a partir del compuesto ECCOH® 5924 HFFR. El cable incluía un tubo flexible formado a partir del elastómero termoplástico Santoprene® 201-87, que tenía un diámetro exterior de 0,9 milímetros y un diámetro interno de 0,65 milímetros. El cable de interconexión se dobló sobre sí mismo en un tubo de acero que tenía un diámetro interno de aproximadamente 10 milímetros. En el punto de pinzado, el cable tenía un diámetro de aproximadamente 3,2 milímetros. Al concluir la prueba de pinzado, el cable de interconexión se enderezó y volvió a su dimensión original sin decoloración del cable, daño del cable ni daño en la fibra.

[0052] Un cable de interconexión probado incluía fibras ópticas de múltiples modos de núcleo de 80 micrómetros carentes de zanja. En una longitud de onda de 850 nanómetros, estas fibras ópticas de múltiples modos sin zanja tienen pérdidas de macro-curvatura de (i) no mayores de 0,5 dB para un bobinado de dos vueltas alrededor de una

bobina con un radio de curvatura de 15 milímetros y (ii) no mayores de 1,0 dB para un bobinado de dos vueltas alrededor de un carrete con un radio de curvatura de 7,5 milímetros. Durante la prueba de pinzado, estas fibras ópticas de múltiples modos sin zanja contenidas en este cable de interconexión experimentaron pérdidas añadidas de atenuación de aproximadamente 0,518 dB a una longitud de onda de 850 nanómetros.

5 **[0053]** Otro cable de interconexión probado incluía fibras ópticas de múltiples modos asistidas por zanja que tenían un núcleo de 80 micrómetros (por ejemplo, como se describe en la solicitud de patente de Estados Unidos ordinariamente cedida N° 61 / 511.672). A una longitud de onda de 850 nanómetros, estas fibras ópticas de múltiples modos asistidas por zanja tienen pérdidas por macro-curvatura de (i) no superiores a 0,3 dB para un bobinado de dos vueltas alrededor de un carrete con un radio de curvatura de 5 milímetros y/o (ii) no mayores de 0,5 dB para un
10 bobinado de una vuelta alrededor de un carrete con un radio de curvatura de 3 milímetros. Durante la prueba de pellizco, estas fibras ópticas de múltiples modos asistidas por zanja contenidas dentro de este cable de interconexión experimentaron pérdidas añadidas de atenuación de aproximadamente 0,227 dB a 850 nanómetros.

[0054] De acuerdo con esto, durante la prueba de pinzado los cables de interconexión actuales tienen típicamente pérdidas de atenuación añadidas menores de aproximadamente 0,5 dB, más típicamente menos de
15 aproximadamente 0,3 dB (por ejemplo, menos de aproximadamente 0,25 dB).

REIVINDICACIONES

1. Un cable de interconexión de fibra óptica (10) que comprende:
 5 una subunidad flexible (11), comprendiendo dicha subunidad flexible (11) una o más fibras ópticas (12) contenida/s dentro de un tubo polimérico flexible (13);
 uno o más conductores de alta conductividad (14);
 un elemento de refuerzo (16) posicionado dentro de una cubierta exterior (15), incluyendo dicho elemento de refuerzo hilos de alta resistencia y, rodeando dicha cubierta exterior (15) dicha subunidad flexible (11) y dichos
 10 conductores de alta conductividad (14) y dicho elemento de refuerzo (16),
 caracterizado porque dicho elemento de refuerzo (16) comprende hilos de aramida (i) rodeando dicha subunidad flexible (11) y dichos conductores de alta conductividad (14) y (ii) llenando el espacio central restante definido por dicha cubierta exterior (15).
2. Cable de interconexión de fibra óptica (10) según la reivindicación 1, en el que dicha subunidad flexible (11)
 15 comprende una pluralidad de fibras de modos múltiples.
3. Cable de interconexión de fibra óptica (10) según la reivindicación 1, en el que dicha subunidad flexible (11) comprende una pluralidad de fibras de modos múltiples insensibles a curvatura.
- 20 4. Cable de interconexión de fibra óptica (10) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que para dos vueltas alrededor de un radio de curvatura de 15 milímetros, dichas fibras ópticas de múltiples modos insensibles a curvatura tienen pérdidas por macro-curvatura de (i) 0,1 dB o menor para una longitud de onda de 850 nanómetros y de (ii) 0,3 dB o menor para una longitud de onda de 1300 nanómetros.
- 25 5. Cable de interconexión de fibra óptica (10) según la reivindicación 1, en el que dicha subunidad flexible (11) comprende una pluralidad de fibras ópticas de múltiples modos asistidas por zanja que tienen un diámetro de núcleo de aproximadamente 80 micrómetros.
- 30 6. Cable de interconexión de fibra óptica (10) según la reivindicación 3, en el que, de acuerdo con la prueba de pinzado, dichas fibras ópticas de múltiples modos asistida por zanja tienen pérdidas añadidas de atenuación inferiores a 0,5 dB a 850 nanómetros, preferentemente inferiores a 0,25 dB a 850 nanómetros.
- 35 7. Cable de interconexión de fibra óptica (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que dicho tubo polimérico flexible (13) tiene un diámetro exterior menor de aproximadamente un milímetro.
8. Cable de interconexión de fibra óptica (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que dicha cubierta exterior (15) comprende un compuesto ignífugo exento de halógeno.
- 40 9. Cable de interconexión de fibra óptica (10) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha cubierta exterior (15) tiene resistencia a fuego VW-1 de acuerdo con la prueba de llama de hilo vertical UL VW-1 (UL 1581).
- 45 10. Cable de interconexión de fibra óptica (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende un conector con alivio de tensión en la interfaz conector-cable.
- 50 11. Cable de interconexión de fibra óptica (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende un conector que incluye un dispositivo de interferencia mecánica para facilitar la inserción y extracción fiable sin dañar ninguno de dichos conductores ópticos o dichos conductores de alta conductividad.
- 55 12. Cable de interconexión de fibra óptica (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que una longitud específica del cable está equipada previamente con un conector.
13. Cable de interconexión de fibra óptica (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en el que dicho tubo polimérico flexible (13) tiene un módulo de Young a 25° C menor de aproximadamente 300 MPa, preferiblemente menor de aproximadamente 200 MPa, más preferiblemente comprendido entre aproximadamente 25 MPa y 75 MPa, incluso más preferiblemente entre aproximadamente 20 MPa y 40 MPa.
- 60 14. Cable de interconexión de fibra óptica (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, en el que dicha cubierta exterior (15) tiene un módulo de Young a 25° C menor de aproximadamente 150 MPa, preferiblemente menor de aproximadamente 80 MPa.

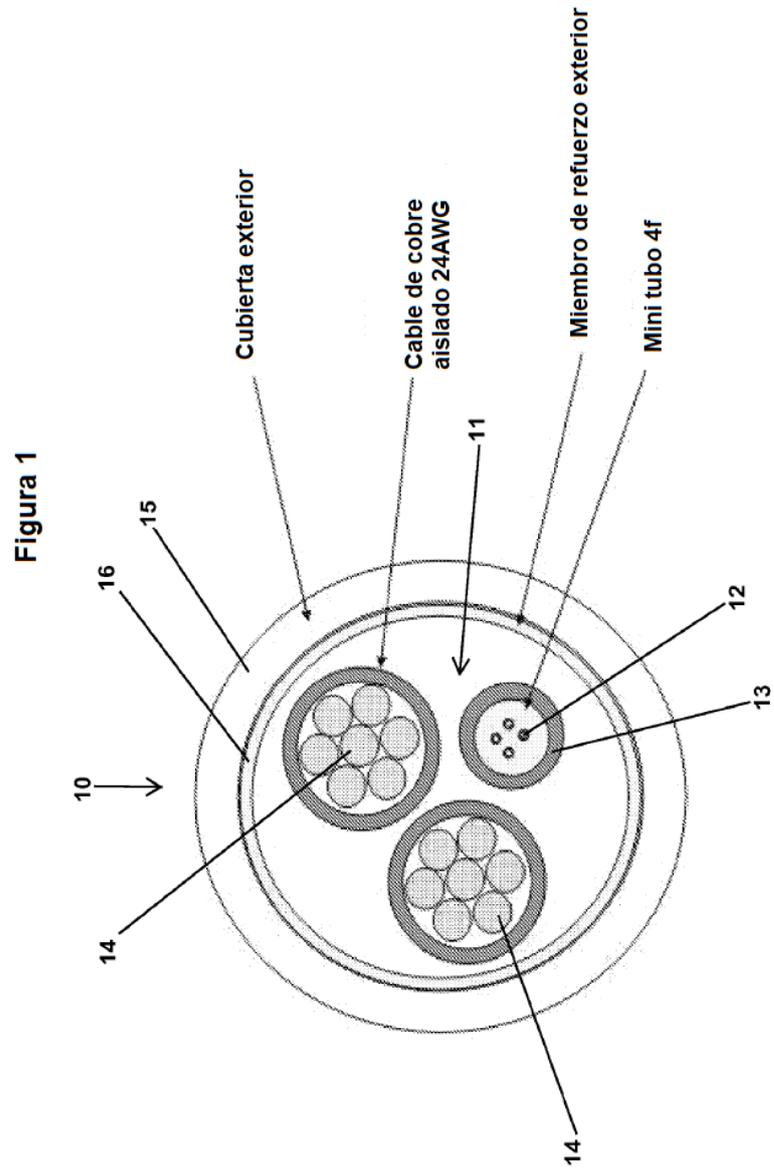


Figura 2

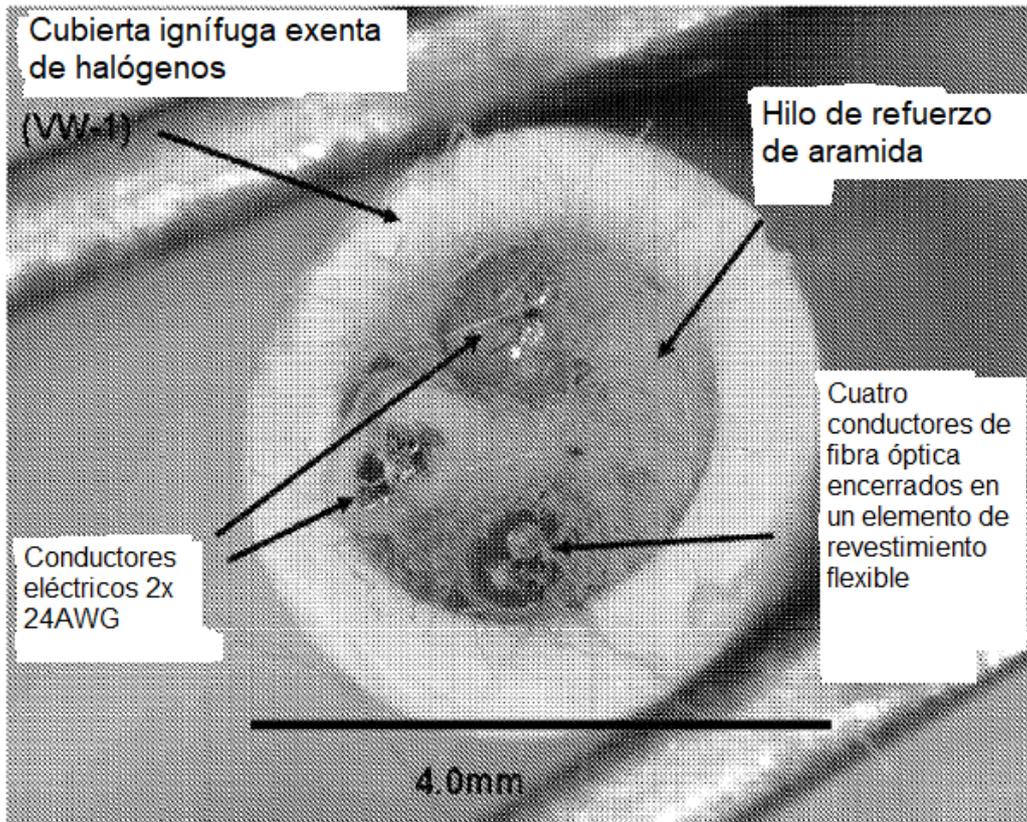
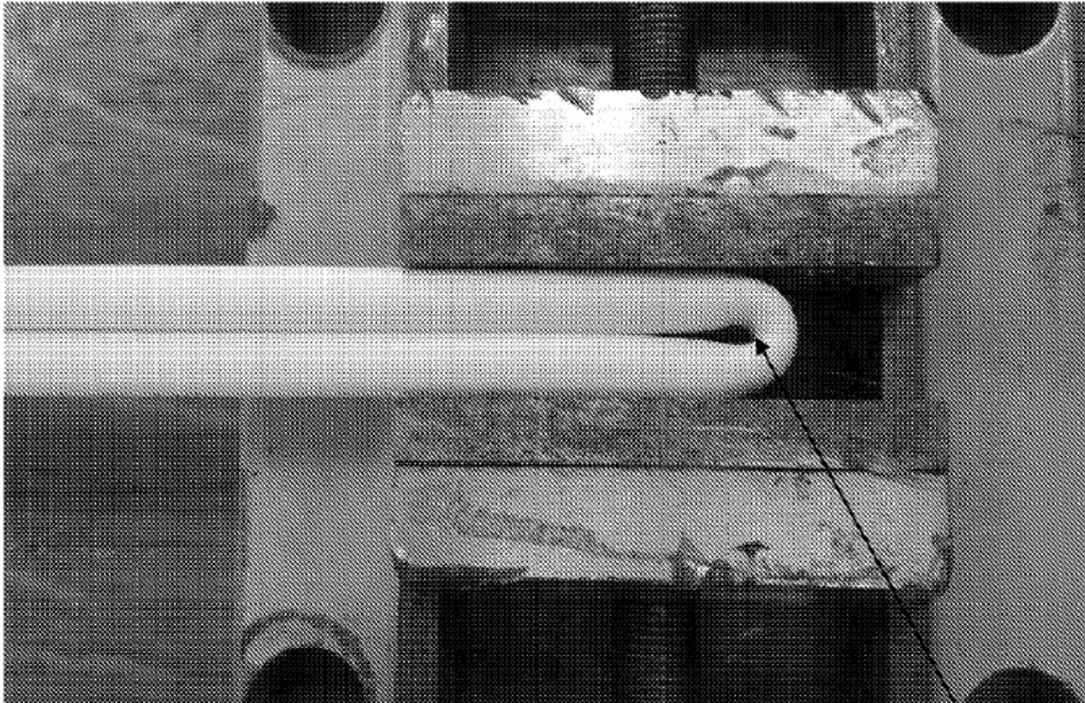


Figura 3



Punto de pinzado

REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

5 La lista de referencias citada por el solicitante lo es solamente para utilidad del lector, no formando parte de los documentos de patente europeos. Aún cuando las referencias han sido cuidadosamente recopiladas, no pueden excluirse errores u omisiones y la OEP rechaza toda responsabilidad a este respecto.

Documentos de patente citados en la descripción

- DE 9302981 U [0005]
- US 61511672 A [0017] [0053]
- US 20100220966 A1 [0017]
- WO 2009062131 A1 [0021] [0022]
- US 20090175583 A [0021] [0022]

10