

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 822 550**

51 Int. Cl.:

G02B 6/44

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.05.2015 PCT/EP2015/061800**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.12.2016 WO16188576**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.05.2015 E 15727345 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.07.2020 EP 3304156**

54 Título: **Cable óptico para redes terrestres**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
04.05.2021

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

72 Inventor/es:
LANG, IAN, DEWI;
SPICER, LEE, ANTHONY y
DAVIES, MARTIN, VINCENT

74 Agente/Representante:
SALVÀ FERRER, Joan

ES 2 822 550 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 óptico para redes terrestres

5 **Campo técnico**

[0001] La presente invención se refiere al campo de los cables ópticos. Más particularmente, la presente invención se refiere a un cable óptico que comprende un módulo óptico, siendo el cable adecuado para redes terrestres, en particular, pero no exclusivamente, redes de acceso óptico para aplicaciones FTTX (donde FTTX significa fibra hasta X, donde X puede ser el hogar, el armario repartidor, la acera o similares).

Antecedentes de la técnica

[0002] Como se sabe, un cable óptico comprende típicamente un núcleo óptico y una cubierta externa que encierra el núcleo óptico. La cubierta externa está hecha típicamente de un material polimérico y tiene la función primaria de proteger el núcleo óptico de los esfuerzos mecánicos.

[0003] El núcleo óptico de este tipo de cables comprende típicamente uno o más módulos ópticos, indicando el término "módulo óptico" un haz de fibras - que comprende una o más fibras ópticas - y un elemento de retención (por ejemplo, un tubo amortiguador o una cinta) que rodea las fibras ópticas. El elemento de retención lleva a cabo la función de retener las fibras ópticas y, opcionalmente, protegerlas contra esfuerzos mecánicos.

[0004] Una fibra óptica está constituida típicamente por un núcleo de vidrio, un revestimiento de vidrio y una capa de recubrimiento simple o doble.

[0005] Las fibras ópticas pueden estar dispuestas de diversas maneras dentro del cable.

[0006] Por ejemplo, los llamados "cables holgados en tubos múltiples" (brevemente, cables MLT) comprenden típicamente múltiples módulos ópticos (por ejemplo, 3, 4, 6 o más módulos ópticos), agrupando cada módulo típicamente varias fibras ópticas en un tubo amortiguador. Los tubos amortiguadores, hechos típicamente de un material polimérico (por ejemplo, tereftalato de polibutileno - PBT), están trenzados alrededor de un miembro de resistencia central, que generalmente está hecho de hebra de acero compactada o "plástico reforzado con vidrio" (brevemente, GRP). También se puede proporcionar un aglutinante o cinta alrededor de los módulos ópticos para retenerlos. La cubierta externa rodea todos los módulos ópticos para proporcionar protección ambiental.

[0007] En los cables MLT, las cargas a las que está sujeto el cable (cargas de tracción, cargas de flexión, cargas ambientales) son soportadas principalmente por el miembro de resistencia central y, opcionalmente, por miembros de resistencia periféricos dispuestos alrededor de los módulos ópticos.

[0008] Además de los cables MLT, se conocen otras disposiciones para cables de fibra óptica.

[0009] Por ejemplo, el documento US 4.659.174 describe un elemento de cable óptico que incluye una guía de ondas óptica incrustada holgadamente en un haz de fibras de resistencia, y un manto protector que rodea el haz de fibras de resistencia que contiene la guía de ondas. Las guías de ondas ópticas y las fibras de resistencia que las rodean llenan entre el 50 % y el 90 % del espacio dentro del manto.

[0010] El documento EP1324090 describe un cable de tubo central que comprende tubos amortiguadores que alojan fibras ópticas, estando los tubos trenzados alrededor de un miembro de soporte de haz. El cable comprende además una envoltura de cable con miembros de resistencia incrustados en la misma.

[0011] El documento EP0256704 describe un cable de fibra óptica que comprende una cubierta externa, cuatro o cinco miembros de resistencia y al menos un paquete de fibra óptica alojado en un espacio intersticial formado por los miembros de resistencia.

[0012] El documento EP0477416 describe un cable óptico que consiste en conjuntos básicos que contienen fibras ópticas, donde los conjuntos básicos están trenzados alrededor de un elemento central para formar un conjunto principal, y los conjuntos principales por su parte están trenzados alrededor de un núcleo. Está previsto que al menos 6 fibras ópticas estén trenzadas alrededor de un elemento portador para formar elementos ópticos - o conductores ópticos. Seis conductores ópticos están trenzados alrededor de un elemento amortiguador para formar conjuntos básicos, estos conjuntos básicos están trenzados alrededor de un elemento central para formar conjuntos principales y, finalmente, estos últimos están trenzados alrededor de un elemento central para formar un núcleo de cable en una configuración de seis piezas.

[0013] El documento US5751879 describe un cable de fibra óptica que incluye uno o más cables componentes. En una realización, el cable componente tiene un miembro de hilo de aramida central alargado rodeado por al menos

una, y preferentemente seis, fibras ópticas. Una capa de hilo de aramida rodea y entra en contacto con las fibras ópticas, y una envoltura de plástico envuelve y entra en contacto con la capa de hilo de aramida. En una segunda realización, el cable componente incluye fibras ópticas, preferentemente doce, incrustadas en fibras de aramida. Una envoltura de plástico en contacto con las fibras de aramida, encierra las fibras de aramida con sus fibras ópticas
 5 incrustadas. En el cable de esta invención, los cables componentes de la primera y/o segunda realizaciones se enrollan alrededor de un miembro de resistencia central alargado con un cableado de oscilación inversa. Una envoltura exterior encierra y sostiene el cableado de oscilación inversa de los cables componentes. La invención también incluye un sistema para fabricar los cables de esta invención. Los documentos WO01/09659A1 y US2011/0110636A1 describen miembros de resistencia central recubiertos en cables ópticos.

10

Resumen de la invención

[0014] Los inventores han observado que un cable MLT presenta algunos inconvenientes. En primer lugar, la presencia del miembro de resistencia central aumenta de forma desventajosa el diámetro transversal general del cable.
 15 Además, el diámetro relativamente grande del miembro de resistencia también aumenta el diámetro de curvatura mínimo del cable.

[0015] Además, como se sabe, la rigidez del miembro de resistencia y el peso del cable influyen en las cargas requeridas para instalar el cable y, por lo tanto, en la longitud de instalación. Típicamente, dada una resistencia a la tracción máxima, cuanto más grande sea el cable, más pesado será el cable y más corta será la longitud de instalación. Además, cuanto más rígido sea el cable, mayor será la carga necesaria para instalarlo (en particular, si la ruta del cable comprende una esquina). Por lo tanto, la presencia del miembro de resistencia central reduce de manera desventajosa la longitud de instalación del cable.

[0016] Además, los tubos amortiguadores de un cable MLT tienen poca rigidez inherente o resistencia a la tracción, con la excepción de la proporcionada por las fibras. Esto puede provocar daños en el módulo. Este límite se evalúa típicamente mediante pruebas de productos, por ejemplo, mediante la prueba del rendimiento de torsión de módulos mediante el método IEC 60794-1-23 G1. Debido a estas deficiencias, típicamente, estos módulos se doblan gestionados dentro de un equipo de conectividad (por ejemplo, empalme subterráneo, bastidor de terminación)
 20 utilizando dispositivos externos que incluyen cabrestantes, poleas, tubos de transporte y superficies curvas. Todos estos dispositivos de gestión de curvatura añaden costes al sistema.

[0017] Además, los inventores observaron que también el elemento de cable óptico del documento US4.659.174 presenta algunos inconvenientes.
 35

[0018] En particular, en el cable del documento US4.659.174 el uso de fibras de resistencia proporciona al elemento de cable óptico una resistencia a la compresión deficiente y una rigidez estructural deficiente, lo que no permite proporcionar resistencia controlada a la flexión.

[0019] Además, en el cable del documento EP1324090, el miembro de soporte de haz conlleva inconvenientes similares a los ya citados anteriormente con referencia al miembro de resistencia central de un cable MLT, especialmente en términos de tamaño de cable grande.

[0020] Además, en lo que respecta al cable del documento EP0256704, la supuesta ventaja de esta construcción de cable es la resistencia a la tracción mejorada. Sin embargo, este cable presenta otras desventajas, como un tamaño de cable relativamente grande y una alta resistencia a la flexión.

[0021] En vista de lo anterior, el Solicitante ha abordado el problema de proporcionar un cable óptico para redes terrestres (en particular, pero no exclusivamente, redes FTTX) que comprende un módulo óptico, que supera al menos uno de los inconvenientes mencionados anteriormente.
 50

[0022] En particular, el Solicitante ha abordado el problema de proporcionar un cable óptico para redes terrestres que comprende un módulo óptico, que permite proporcionar cables con un tamaño reducido y una resistencia a la tracción mejorada con respecto a los cables conocidos, y que, al mismo tiempo, permite reducir el diámetro de curvatura mínimo del cable y permite proporcionar una longitud de instalación más larga.
 55

[0023] El Solicitante encontró que el problema anterior se resuelve mediante un cable óptico que comprende un módulo óptico con un miembro de resistencia, varias fibras ópticas trenzadas alrededor del miembro de resistencia y un elemento de retención que rodea las fibras ópticas. El cable óptico de la invención tiene ventajosamente un diámetro reducido en comparación con cables conocidos que comprenden una misma cantidad de fibras ópticas. Esto permite diseñar cables compactos para aplicaciones FTTX. En particular, el cable óptico de la invención puede no necesitar ningún miembro de resistencia central ya que la resistencia a la tracción se confiere al cable por los módulos ópticos, en particular por los miembros de resistencia de los mismos. El hecho de que el cable según la presente invención no necesite ningún miembro de resistencia central proporciona un diámetro de curvatura mínimo reducido y
 60 una longitud de instalación de cable más larga.
 65

- 5 **[0024]** Además, la cantidad de fibras ópticas se selecciona de modo que las fibras ópticas se puedan identificar de manera única mediante un código de color. El código de color puede cumplir con la codificación de color de cable de fibra óptica definida por el estándar ANSI/EIA/TIA - 598 "Codificación de color de fibra óptica".
- 10 **[0025]** Además, el módulo óptico del cable óptico de la invención se puede fabricar de manera fácil y económicamente eficaz.
- 15 **[0026]** En un aspecto, la presente invención se refiere a un cable óptico que comprende un módulo óptico, comprendiendo el módulo óptico un miembro de resistencia, una pluralidad de fibras ópticas dispuestas alrededor del miembro de resistencia, donde las fibras ópticas están dispuestas sustancialmente en una circunferencia concéntrica con el miembro de resistencia y un elemento de retención dispuesto alrededor de la pluralidad de fibras ópticas.
- 20 **[0027]** Preferentemente, el miembro de resistencia es una varilla hecha de un plástico reforzado con vidrio (GRP).
- 25 **[0028]** Más preferentemente, la varilla está hecha de un GRP que tiene un módulo de Young comprendido entre 25 MPa y 125 MPa.
- 30 **[0029]** Preferentemente, el miembro de resistencia tiene un diámetro comprendido entre 0,55 mm y 0,95 mm, preferentemente 0,75 mm.
- 35 **[0030]** Preferentemente, el miembro de resistencia está cubierto por un recubrimiento, preferentemente hecho de un material hinchable en agua o un copolímero de EVA.
- 40 **[0031]** Preferentemente, el elemento de retención es un tubo dispuesto externamente coaxial al miembro de resistencia.
- 45 **[0032]** Preferentemente, el elemento de retención está hecho de un único material polimérico.
- 50 **[0033]** Más preferentemente, el elemento de retención está hecho de un único material polimérico seleccionado en el grupo que comprende: tereftalato de polibutileno (PBT), polipropileno (PP), polietileno (PE), poliamida (PA), policarbonato (PC), acrilonitrilo butadieno estireno (ABS), elastómeros termoplásticos (TPE), etileno y acetato de vinilo (EVA), acrílicos curados por UV.
- 55 **[0034]** Alternativamente, el elemento de retención comprende dos primeras porciones que se extienden longitudinalmente hechas de un primer material de mayor tenacidad a la fractura y una o dos segundas porciones que se extienden longitudinalmente hechas de un segundo material de menor tenacidad a la fractura para facilitar el acceso a las fibras subyacentes. Preferentemente, el primer material de mayor tenacidad a la fractura del elemento de retención es una mezcla de HDPE (polietileno de alta densidad) y PP (polipropileno).
- 60 **[0035]** Preferentemente, el segundo material de menor tenacidad a la fractura del elemento de retención comprende un compuesto de LDPE (polietileno de baja densidad).
- 65 **[0036]** Preferentemente, el diámetro exterior del elemento de retención está comprendido entre 0,6 mm y 2,2 mm.
- [0037]** Preferentemente, las fibras están dispuestas lado a lado en dicha circunferencia, sin superposición recíproca.
- [0038]** Preferentemente, el módulo óptico comprende además un recubrimiento adicional dispuesto en la superficie interior del elemento de retención.
- [0039]** Preferentemente, el módulo óptico comprende, además, en un espacio intersticial entre el miembro de resistencia y el elemento de retención, un material de bloqueo de agua y/o una grasa amortiguadora.
- [0040]** En otro aspecto, la presente invención se refiere a un procedimiento de fabricación de un cable óptico que comprende:
- trenzar un grupo de fibras ópticas alrededor de un miembro de resistencia y cubrir las fibras con un elemento de retención;
formando así un módulo óptico;
alojar dos o más módulos ópticos dentro de una cubierta exterior.

65 **Breve descripción de los dibujos**

[0041] La presente invención se volverá completamente clara al leer la siguiente descripción detallada, que se leerá haciendo referencia a los dibujos adjuntos, donde:

- 5 - La Figura 1 muestra un módulo óptico según una realización de la presente invención;
- La Figura 1a muestra esquemáticamente un módulo óptico según una realización adicional de la presente invención donde el elemento de retención comprende dos porciones diferentes que se extienden longitudinalmente;
- La Figura 2 muestra un cable que comprende una pluralidad de módulos ópticos según una realización alternativa de la presente invención;
- 10 - La Figura 3 muestra un cable que comprende dos módulos ópticos según una realización de la presente invención;
- La Figura 4 muestra un cable que comprende cuatro módulos ópticos según un ejemplo comparativo de la presente invención;
- Las Figuras 5a y 5b muestran, respectivamente, un cable que comprende una pluralidad de módulos ópticos según una realización alternativa de la presente invención y una cubierta exterior del mismo;
- 15 - Las Figuras 6a y 6b muestran, respectivamente, un cable que comprende cuatro módulos ópticos según una realización alternativa de la presente invención y una cubierta exterior del mismo;
- La Figura 7 muestra un cable que comprende un módulo óptico según un ejemplo comparativo de la presente invención;
- La Figura 8 muestra un cable que comprende módulos ópticos según un ejemplo comparativo de la presente invención;
- 20 - La Figura 9 muestra un cable que comprende módulos ópticos según una realización de la presente invención; y
- La Figura 10 muestra esquemáticamente un equipo para fabricar un módulo óptico según una realización de la presente invención.

25 Descripción detallada de realizaciones preferidas de la invención

[0042] A efectos de la presente descripción y de las reivindicaciones adjuntas, excepto donde se indique lo contrario, todos los números que expresan cifras, cantidades, porcentajes, etc., deben entenderse modificados en todos los casos por el término "aproximadamente". Además, todos los intervalos incluyen cualquier combinación de los puntos máximos y mínimos descritos e incluyen cualquier intervalo intermedio en los mismos, que puede o no enumerarse específicamente en esta invención.

[0043] La Figura 1 muestra un módulo óptico 1 según una realización la presente invención.

35 **[0044]** El módulo óptico 1 comprende un miembro de resistencia 11, opcionalmente cubierto por un recubrimiento 12.

[0045] El miembro de resistencia 11 tiene preferentemente la forma de una varilla. Preferentemente, la varilla está hecha de un plástico reforzado con vidrio (GRP). Más preferentemente, la varilla está hecha de un GRP que tiene un módulo de Young comprendido entre 25 MPa y 125 MPa. Aún más preferentemente, el módulo de Young del GRP es igual a 50 MPa. El miembro de resistencia 11 tiene preferentemente un diámetro que está comprendido entre 0,55 mm y 0,95 mm, preferentemente correspondiente a 0,75 mm.

45 **[0046]** El recubrimiento 12 está hecho, por ejemplo, de un forro de resina termoplástica y/o material hinchable en agua.

[0047] El recubrimiento tiene un módulo elástico (a temperatura ambiente) preferentemente comprendido entre 10 y 300 kPa, más preferentemente entre 20 y 60 kPa; preferentemente, el recubrimiento tiene una dureza comprendida entre 0 y 90 Shore 00, preferentemente por debajo de 20 Shore 00.

50 **[0048]** Ventajosamente, el recubrimiento 12 aplicado sobre el miembro de resistencia 11 permite proteger las fibras ópticas de esfuerzos mecánicos y estratificar las fibras de modo que mantengan su posición durante el procesamiento de trenzado.

55 **[0049]** Cuando el recubrimiento 12 está hecho de un material hinchable en agua, también permite impedir la difusión longitudinal del agua.

[0050] El solicitante ha realizado pruebas positivas utilizando un montaje de un miembro de resistencia 11 con un recubrimiento 12, suministrado como Water Swellable Glassline™ de Tecniconsult S.p.A.

60 **[0051]** Alternativamente, el recubrimiento 12 puede estar hecho, por ejemplo, de material de copolímero de EVA (etileno y acetato de vinilo).

[0052] El tamaño de la porción de GRP del miembro de resistencia se define preferentemente en vista de la carga de tracción que debe soportar el módulo óptico.

[0053] Posteriormente, se elige el espesor del recubrimiento 12 para proporcionar la capacidad de hinchamiento en agua requerida y/o para alcanzar un diámetro total que permita disponer la cantidad requerida de fibras alrededor de la misma en una sola capa.

5

[0054] El diámetro del miembro de resistencia 11 tal como está cubierto por el recubrimiento 12 está comprendido preferentemente entre 0,25 mm y 1,9 mm. Más preferentemente, tal diámetro es igual a 0,85 mm.

[0055] El módulo óptico 1 comprende además un elemento de retención 15, preferentemente en forma de un tubo, que está dispuesto externamente al miembro de resistencia 11 de una manera coaxial. De esta manera, se forma un espacio anular entre el miembro de resistencia 11 y el elemento de retención 15.

[0056] Más preferentemente, el elemento de retención 15 tiene la forma de un tubo polimérico. Preferentemente, el material polimérico del elemento de retención 15 es tereftalato de polibutileno (PBT) o una aleación de polietileno (PE) y polipropileno (PP). Otros materiales poliméricos ejemplares que se pueden emplear son: polietileno (PE), poliamida (PA), policarbonato (PC), acrilonitrilo butadieno estireno (ABS), elastómeros termoplásticos (TPE), etileno y acetato de vinilo (EVA), acrílicos curados por UV. Preferentemente, el elemento de retención 15 permite identificar el módulo óptico 1 por medio de un código de color. El color del elemento de retención 15 cumple preferentemente con la codificación de color de cable de fibra óptica ya mencionada definida por el estándar ANSI/EIA/TIA - 598 "Codificación de color de fibra óptica".

[0057] Según las realizaciones de la presente invención, el elemento de retención 15 está hecho de un solo material a partir de los materiales poliméricos enumerados anteriormente.

[0058] Según realizaciones alternativas mostradas en el ejemplo de la Figura 1a, el elemento de retención 15 comprende dos primeras porciones que se extienden longitudinalmente 15a hechas de un primer material de mayor tenacidad a la fractura y dos segundas porciones que se extienden longitudinalmente 15b hechas de un segundo material de menor tenacidad a la fractura para facilitar el acceso a las fibras ópticas subyacentes.

[0059] Los dos materiales están dispuestos de modo que se puede acceder a las fibras ópticas desde el exterior con un corte longitudinal corto (es decir, unos pocos centímetros), hecho con una cuchilla en el segundo material de menor tenacidad a la fractura. Los bordes cortados del segundo material de menor tenacidad a la fractura se pueden separar a mano. La fuerza de tracción hace que el material de menor tenacidad a la fractura se fracture, propagando así el corte corto inicial longitudinalmente a lo largo del elemento de retención a través de todo su espesor.

35

[0060] De esta manera, porciones muy largas (es decir, varios metros) de elemento de retención pueden retirarse fácilmente del cable con un riesgo mínimo de lesiones al operador o daños al cable. De hecho, la cuchilla se utiliza para hacer solo un corte inicial muy corto, que a continuación se propaga a lo largo del cable a la longitud deseada a mano (es decir, sin el uso de ninguna cuchilla) y, por lo tanto, de una manera muy segura.

40

[0061] Como alternativa, se pueden hacer una o dos ranuras longitudinales en el elemento de retención (hechas de un solo material o de dos materiales diferentes).

[0062] El uso de dos materiales diferentes de elemento de retención en lugar de las ranuras para facilitar la extracción del elemento de retención puede ser ventajoso cuando el elemento de retención es delgado, de modo que, al elegir adecuadamente la dureza de los dos materiales, permanece mecánicamente estable y capaz de preservar su integridad también cuando el cable se dobla o retuerce.

45

[0063] Cada una de las primeras porciones y segundas porciones tiene una sección transversal en forma de un sector de corona circular.

50

[0064] La anchura angular de las dos primeras porciones 15a es preferentemente mayor que la anchura angular de las segundas porciones 15b. En particular, la anchura angular de cada primera porción 15a es preferentemente superior a 90°, mientras que la anchura angular de cada segunda porción 15b es preferentemente inferior a 90°. Más preferentemente, la anchura angular de cada primera porción 15a está comprendida entre 110° y 140°, mientras que la anchura angular de cada segunda porción 15b está comprendida entre 40° y 70°.

55

[0065] Preferentemente, la anchura angular de cada una de las dos primeras porciones 15a es la misma. Preferentemente, la anchura angular de cada una de las dos segundas porciones 15b es la misma.

60

[0066] Las primeras porciones 15a se colocan preferentemente en posiciones diametralmente opuestas, y también las segundas porciones 15b se colocan preferentemente en posiciones diametralmente opuestas. Según estas realizaciones, al menos una de las segundas porciones 15b puede presentar una ranura o muesca opcional (no mostrada). Opcionalmente, tal ranura puede estar provista de una banda de identificación y/o códigos de identificación impresos por chorro de tinta que permitan la identificación del módulo óptico 1.

65

- 5 **[0067]** Según estas realizaciones, el primer material de mayor tenacidad a la fractura y el segundo material de menor tenacidad a la fractura se seleccionan de modo que la relación entre la tenacidad a la fractura K_{IC} del primer material y la tenacidad a la fractura K_{IC} del segundo material sea superior a 1,2. Además, la relación entre la tenacidad a la fractura K_{IC} del primer material y la tenacidad a la fractura K_{IC} del segundo material es preferentemente inferior a 7,5. Más preferentemente, la relación entre la tenacidad a la fractura K_{IC} del primer material y la tenacidad a la fractura K_{IC} del segundo material está comprendida entre 3,0 y 4,0. En particular, el primer material preferentemente tiene una tenacidad a la fractura K_{IC} comprendida entre 0,9 y 2,8 MPa \sqrt{m} , mientras que el segundo material tiene una tenacidad a la fractura K_{IC} comprendida entre 0,4 y 0,7 MPa \sqrt{m} .
- 10 **[0068]** El primer y segundo materiales son preferentemente compatibles desde el punto de vista mecánico, en particular, presentan sustancialmente la misma dureza y propiedades de adhesión recíproca.
- 15 **[0069]** Preferentemente, el primer y segundo materiales son compuestos diferentes que comprenden un polímero común, por ejemplo, polietileno. Además de tal polímero, el primer material comprende un polímero adicional eficaz para aumentar su resistencia a la fractura, por ejemplo, polipropileno. Esto proporciona una unión fuerte y continua entre todos los sectores, proporcionando así al elemento de retención 15 estabilidad mecánica y mejorando su rendimiento de protección mecánica.
- 20 **[0070]** Preferentemente, el primer y segundo materiales tienen colores diferentes, para permitir la identificación visual de las segundas porciones desde fuera del módulo óptico. Opcionalmente, al menos uno del primer material y el segundo material puede ser un material transparente o translúcido, lo que permite que la estructura interna del módulo óptico 1 sea parcialmente visible desde fuera del módulo óptico 1.
- 25 **[0071]** El solicitante realizó pruebas positivas utilizando, como primer material, una mezcla de HDPE (polietileno de alta densidad) y PP (polipropileno) y, como segundo material, LDPE (polietileno de baja densidad). Más particularmente, se ha realizado una prueba positiva utilizando, como primer material, una mezcla de 20 % de HDPE (Borealis 6063), 78 % de PP (Repsol Isplen® PB 140 G2M) y 2 % de colorante negro y, como segundo material, una mezcla de 98 % de LDPE (Borealis 8706) y 2 % de colorante verde.
- 30 **[0072]** Según realizaciones alternativas adicionales, el elemento de retención 15 comprende una primera sección que se extiende longitudinalmente hecha de un primer material opaco y una segunda sección que se extiende longitudinalmente hecha de un segundo material no opaco. El no opaco puede ser un material transparente o translúcido. Preferentemente, tanto el material opaco como el material no opaco del elemento de retención 15 son materiales poliméricos, más preferentemente materiales poliméricos que comprenden polietileno. Según estas realizaciones, la sección no opaca puede presentar una ranura o muesca opcional. La ranura en la sección no opaca facilita ventajosamente la extracción del elemento de retención 15 del módulo óptico 1. Además, la sección no opaca constituye una ventana estrecha longitudinal que permite la inspección visual de la estructura interna del módulo. Opcionalmente, el material no opaco de la segunda sección tiene una tenacidad a la fractura menor que el material opaco de la primera sección. Esto facilita aún más la operación de retirar el elemento de retención 15 del módulo óptico 1.
- 40 **[0073]** El espesor del elemento de retención 15 es preferentemente igual a 0,15 mm. El diámetro exterior del elemento de retención 15 (que corresponde al diámetro de todo el módulo óptico 1) está comprendido preferentemente entre 0,6 mm y 2,2 mm, y es más preferentemente igual a 1,65 mm.
- 45 **[0074]** El módulo óptico 1 comprende además varias fibras ópticas 13 dispuestas dentro del espacio anular formado entre el elemento de retención 15 y el miembro de resistencia 11. Preferentemente, las fibras ópticas 13 están trenzadas alrededor del miembro de resistencia 11 opcionalmente cubierto por el recubrimiento 12 evitando el entrecruzamiento o entrecruzamiento múltiple entre las fibras.
- 50 **[0075]** Las fibras ópticas 13 están dispuestas preferentemente alrededor del miembro de resistencia 11 según una disposición S-Z. Son posibles otras disposiciones, tales como, por ejemplo, una disposición helicoidal o una disposición de cableado recto. Preferentemente, las fibras 13 forman una única capa de fibras sobre el miembro de resistencia 11 dispuesto en una única circunferencia concéntrica con el miembro de resistencia 11. Las fibras 13 están dispuestas preferentemente lado a lado, sin superposición recíproca. Esto minimiza la atenuación de la señal que ocurre en caso de que el módulo óptico 1 se someta a carga radial.
- 55 **[0076]** Las fibras ópticas 13 pueden estar al menos parcialmente incrustadas dentro del recubrimiento 12.
- 60 **[0077]** La cantidad de fibras ópticas 13 se selecciona preferentemente para que cada fibra 13 sea identificable de manera única. Por ejemplo, la identificación de fibra puede basarse en los códigos de color definidos por el estándar internacional mencionado anteriormente AN- SI/EIA/TIA-598. En este caso, las fibras ópticas 13 son como máximo doce (si no se utilizan trazadores) o veinticuatro (si se utilizan trazadores).
- 65

[0078] Según un ejemplo, el módulo óptico 1 mostrado en la Figura 1 comprende doce fibras 13 dispuestas alrededor del miembro de resistencia 11 opcionalmente cubierto por el recubrimiento 12.

5 **[0079]** Preferentemente, las fibras ópticas 13 están recubiertas con un material de barrera, por ejemplo, polvo de talco.

[0080] Según variantes de la presente invención, el espacio intersticial entre las fibras ópticas 13 y la superficie interior del elemento de retención 15 puede llenarse con un material de bloqueo de agua tal como un material hinchable en agua (por ejemplo, poliacrilato), en forma de polvo, cintas o hilos impregnados.

10

[0081] Según una variante adicional de la presente invención, el módulo óptico 1 comprende, además del recubrimiento 12 dispuesto en la superficie exterior del miembro de resistencia 11, un recubrimiento adicional dispuesto en la superficie interior del elemento de retención 15. Estos dos recubrimientos pueden estar hechos de un material hinchable en agua o un copolímero de EVA. Preferentemente, el material del recubrimiento 12 y del recubrimiento adicional se selecciona de modo que se deformen sin ejercer una fuerza de compresión excesiva sobre la fibra. Por ejemplo, un material adecuado para el recubrimiento adicional comprende un material de resina termoplástica. De esta manera, los recubrimientos amortiguan ventajosamente las fibras ópticas 13 de cargas mecánicas externas.

15

20

[0082] Según otra variante adicional de la presente invención, el espacio intersticial entre la superficie exterior del miembro de resistencia 11 y la superficie interior del elemento de retención 15 se llena con una grasa amortiguadora (por ejemplo, un gel tixotrópico sintético). Este material amortigua ventajosamente las fibras ópticas 13 de cargas transitorias. Además, lleva a cabo una función de bloqueo de agua longitudinalmente. Los inventores han realizado pruebas positivas utilizando un compuesto de relleno basado en compuesto no pegajoso, hidrófobo, preferentemente tixotrópico. Por ejemplo, se puede utilizar el gel 400N de Unigel (Reino Unido) o K880 de Info-Gel, LLC (Carolina del Norte, EUA).

25

[0083] El experto apreciará que cualquier combinación de las características de las variantes descritas anteriormente puede proporcionarse concebiblemente en un cable según la presente invención.

30

[0084] El módulo óptico 1 se puede utilizar tal como un cable terminado, cuando las condiciones operativas previstas lo permiten. En el ejemplo de las Figuras 1, 1a, el elemento de retención 15 puede funcionar directamente como cubierta exterior del cable. Por consiguiente, también la cubierta puede comprender dos primeras porciones que se extienden longitudinalmente hechas de un primer material de mayor tenacidad a la fractura y dos segundas porciones que se extienden longitudinalmente hechas de un segundo material de menor tenacidad a la fractura para facilitar el acceso a los módulos ópticos subyacentes.

35

[0085] Alternativamente, se puede disponer una pluralidad de módulos juntos, en una construcción de cable multimódulo, cuando se requiere un cable de alto número de fibras.

40

[0086] La Figura 2 muestra un cable 2 según la presente invención, que comprende un grupo de módulos ópticos 1 y una cubierta exterior 24. Según un ejemplo, el cable 2 de la Figura 2 comprende doce módulos ópticos 1, comprendiendo cada uno doce fibras ópticas 13. De esta manera, se logra un número de fibras de 144. La cubierta exterior 24 está hecha preferentemente de polietileno (PE). Otros materiales que se pueden emplear para la cubierta exterior son: polipropileno (PP), poliamida (PA), material ignífugo sin halógenos de baja emisión de humo (LSOH) (por ejemplo, como se describe en el documento EP1043733 o el documento EP1116244). El espesor de la cubierta exterior 24 preferentemente está comprendido entre 0,1 mm y 3,0 mm. Más preferentemente, el espesor de la cubierta exterior 24 es igual a 0,2 mm.

45

50

[0087] El cable 2 comprende preferentemente además varios rellenos intersticiales 21 que permiten hacer el núcleo óptico del cable más redondeado para el forro. Los rellenos intersticiales 21 pueden estar hechos de plástico reforzado con vidrio (GRP) y pueden estar recubiertos por una capa de un recubrimiento cuasisólido de polímeros superabsorbentes (SAP) (por ejemplo, materiales extruidos que utilizan poliacrilato de sodio que tiene propiedades de bloqueo de agua). Cada relleno intersticial 21 puede tener un diámetro igual a 0,84 mm. El cable 2 de la Figura 2 comprende seis rellenos intersticiales 21.

55

[0088] Además, el cable 2 comprende preferentemente un material de bloqueo de agua seco 22 en los espacios intersticiales entre los módulos ópticos 1 y la cubierta exterior 24. El material de bloqueo de agua es preferentemente un material hinchable en agua (por ejemplo, poliacrilato). El material de bloqueo de agua puede estar en forma de polvo, gel, cintas o hilos impregnados. El cable 2 de la Figura 2, por ejemplo, comprende seis hilos hinchables en agua 22.

60

[0089] Además, el cable 2 puede comprender varios cordones de ruptura 23. Este número puede variar de 1 a 4. El cable 2 de la Figura 2 comprende un cordón de ruptura 23. Los cordones de ruptura ayudan a pelar una terminación del cable o durante una ruptura a mitad del tramo.

65

[0090] Las Figuras 3 y 4 muestran dos variantes del cable según las cuales, respectivamente, dos y cuatro módulos ópticos descritos anteriormente se agrupan dentro de una cubierta. La Figura 3 muestra una primera variante de cable 3 que comprende dos módulos ópticos y la Figura 4 muestra una segunda variante de cable 4 que comprende cuatro módulos ópticos. En ambos cables 3, 4, se puede aplicar una cubierta exterior 34, 44 sobre los módulos ópticos 1. Además, cada cable 3, 4 puede comprender otros elementos tales como cordones de ruptura 33, 43 y/o miembros de resistencia adicionales 45 y/o materiales de bloqueo de agua (no mostrados en las Figuras 3 y 4).

[0091] El uso de los módulos ópticos descritos anteriormente resulta ventajosamente en cables ópticos con un diámetro reducido, que es un requisito particularmente deseable especialmente en aplicaciones FTTX.

[0092] Por ejemplo, se puede lograr un número de fibras de 144 utilizando 12 módulos ópticos, incluyendo cada módulo 12 fibras ópticas. Según la invención, si el diámetro externo de cada módulo óptico es de 1,65 mm, el diámetro del núcleo óptico es de 6,8 mm y el diámetro del cable es de 7,2 mm, asumiendo que el espesor del elemento de retención es de 0,2 mm. En su lugar, se puede lograr un mismo número de fibras de 144 utilizando un cable MLT conocido con 12 tubos amortiguadores que comprenden 12 fibras ópticas cada uno. Si el diámetro externo de cada tubo amortiguador es de 1,65 mm, el diámetro del miembro de resistencia central es de 5,25 mm y la cubierta exterior tiene un espesor de 0,2 mm, el diámetro del cable es de 8,95 mm. Por lo tanto, según la presente invención, el diámetro del cable se reduce en aproximadamente un 20 % con respecto a un cable MLT conocido con un mismo número de fibras.

[0093] Por lo tanto, se logra ventajosamente una reducción sustancial del diámetro del cable.

[0094] Además, los inventores observaron que el cable según la presente invención también proporciona una resistencia a la tracción mejorada.

[0095] De hecho, en el cable 2 de la Figura 2, siempre que los seis rellenos intersticiales 21 y los doce miembros de resistencia 11 de los módulos ópticos 1 estén hechos de GRP, la sección transversal total de GRP es:

$$6 \times \pi \times (0.84/2)^2 + 12 \times \pi \times (0.75/2)^2 = 3.33 + 5.3 \text{ mm}^2 = 8.63 \text{ mm}^2$$

siempre que el diámetro de cada relleno intersticial 21 sea igual a 0,84 mm y el diámetro de cada miembro de resistencia 11 sea igual a 0,75 mm.

[0096] En el cable MLT con doce tubos amortiguadores utilizados para la comparación, suponiendo que el miembro de resistencia central de GRP tiene un espesor de 2 mm, la sección transversal total de GRP es de 3,14 mm².

[0097] Por lo tanto, el cable 2 según la presente invención contiene alrededor del 270 % de la resistencia de GRP del cable MLT utilizado para la comparación y, por lo tanto, logra una resistencia a la tracción sustancialmente mejorada.

[0098] A la luz de lo anterior, un cable según la presente invención tiene ventajosamente un diámetro menor que un cable MLT que comprende tubos amortiguadores que tienen el mismo tamaño que los módulos ópticos de la presente invención. Además, tal cable tiene mayor resistencia a la tracción y mejores rendimientos ambientales (según la norma IEC 60794-1-22) que el cable MLT.

[0099] Debido a la reducción del tamaño, el cable según la presente invención tiene un peso menor que un cable MLT, tiene una longitud de instalación más larga e impacto ambiental reducido. Además, un cable según la presente invención, en el que los módulos ópticos tienen miembros de resistencia independientes de tamaño apropiado, mantiene una forma consistente que no afecta la atenuación de la señal de fibra cuando se almacena en un bucle en la terminación del producto o en los empalmes de conectividad a mitad del tramo. El tamaño del miembro de resistencia del módulo óptico es adecuado para garantizar un funcionamiento efectivo durante la vida útil requerida del cable sin fatiga estática. De hecho, si el módulo óptico se almacena en bucles con un radio de 40 mm, entonces típicamente el diámetro máximo del GRP sería 40 mm/50 = 0,8 mm. Por lo tanto, según la presente invención, con un miembro de resistencia que tiene un diámetro preferido de 0,75 mm, el módulo óptico ventajosamente no sufriría fatiga por esfuerzo durante el almacenamiento a largo plazo.

[0100] El tamaño reducido de los miembros de resistencia de GRP también proporciona cumplimiento con las pruebas de torsión de módulos como se describe en el método IEC 60794-1-23 G1, como se describirá en esta invención a continuación. En esta prueba, los inventores colocaron en bucle una muestra de 350 mm del módulo óptico entre dos puntos fijos separados 100 mm. El tamaño del bucle se ha reducido tirando de una longitud (por ejemplo, 60 mm) del módulo óptico a través de uno de los puntos fijos. Los inventores observaron que, en esta situación, el radio del bucle se reduciría a aproximadamente 46 mm. En consecuencia, esto limitaría el tamaño del GRP a 0,92

mm. Si se aplica un límite más severo, es decir, se tira de una longitud más larga (por ejemplo, 80 mm) del módulo óptico a través del punto fijo, entonces el radio de resultado es de 43 mm, lo que limita el tamaño de GRP a 0,86 mm. Por lo tanto, los inventores demostraron que los módulos ópticos con GRP con un diámetro inferior a 0,85 mm cumplen con los requisitos de prueba e instalación práctica.

5

[0101] El módulo óptico según la presente invención también permite reducir la complejidad y, en consecuencia, los costos del equipo de conectividad. Como se mencionó anteriormente, los módulos ópticos en forma de tubos (por ejemplo, tubos de PBT) tienen resistencia a la flexión o a la tracción reducida y, por lo tanto, la gestión de su curvatura se realiza dentro de un equipo de conectividad (por ejemplo, empalme subterráneo, bastidor de terminación) utilizando cabrestantes, poleas, tubos de transporte y superficies curvas. Según la presente invención, el tubo de transporte ya no es necesario cuando se utilizan los módulos ópticos de la Figura 1.

10

[0102] El módulo óptico 1 puede fabricarse como se describe en detalle en lo sucesivo con referencia a la Figura 10.

15

[0103] Finalmente, el uso de los módulos ópticos según la presente invención permite proporcionar un diseño de cable ventajoso alternativo que se describirá a continuación con referencia a las Figuras 5a, 5b, 6a y 6b.

[0104] La Figura 5a muestra un cable 5 que es similar al cable 2 de la Figura 2 en que comprende doce módulos ópticos 1 y otros elementos tales como materiales de bloqueo de agua, cordones de ruptura y una cubierta exterior 54. Sin embargo, en el cable 5, la cubierta exterior 54 tiene una forma 57 que imita el espacio intersticial alrededor del núcleo óptico. De hecho, la geometría del núcleo óptico de un cable que comprende los módulos ópticos 1 según la presente invención es un manojo triangular, como también se evidencia en la Figura 2. Por lo tanto, la forma 57 de la cubierta exterior 54 del cable 5 "sostiene" el núcleo óptico. El cable 5 también comprende preferentemente uno o más miembros de resistencia periférica 56 que están incrustados en la cubierta exterior 54. El cable 5 comprende, por ejemplo, seis miembros de resistencia periférica 56. Una identificación de corte de cubierta 58 puede ubicarse en correspondencia con una porción de la cubierta exterior que está libre de miembros de resistencia periférica incrustados, para facilitar la extracción de la cubierta.

20

25

30 **[0105]**

Las Figuras 6a y 6b muestran un diseño de cable similar con cuatro módulos ópticos 1.

[0106] Los diseños de cable de las Figuras 5a y 6a permiten ventajosamente aumentar los rendimientos mecánico y ambiental del cable. Además, ventajosamente, los miembros de resistencia periférica pueden actuar como armadura de núcleo óptico.

35

[0107] Además, según estos diseños de cable alternativos, la cubierta exterior del cable puede contener ventajosamente miembros de resistencia periférica cuyo tamaño, posición y módulo de Young pueden modificarse para proporcionar la rigidez a la flexión de preferencia direccional del cable que sea útil para dirigir el cable alrededor de las curvas de la ruta. Por ejemplo, para causar rigidez a la flexión preferencial en un cable con cuatro módulos ópticos como el de la Figura 6a, dos miembros de resistencia periférica diametralmente opuestos pueden estar hechos de un material de módulo de Young grande (por ejemplo, hilos de aramida, que tienen un módulo de Young de 107 MPa) y otros dos miembros de resistencia periférica opuestos, perpendiculares a los dos primeros, pueden estar hechos de un material de módulo de Young pequeño (por ejemplo, GRP, que tiene un módulo de Young de 50 MPa).

40

45 **[0108]**

Esto es particularmente ventajoso cuando se van a utilizar técnicas de instalación tales como varillaje (es decir, el cable se empuja dentro y a lo largo de un subconducto preparado). Los cables según la presente invención tienen ventajosamente rigidez a la compresión para promover el varillaje del cable, a la vez que son lo suficientemente flexibles como para flexionarse sobre curvas de la ruta. Estas características mecánicas también son ventajosas para optimizar la carga de empuje al inicio de una instalación por soplado.

50

[0109] Los módulos ópticos descritos anteriormente se pueden utilizar ventajosamente también en otras construcciones de cables, tal como se describirá en detalle en esta invención con referencia a las Figuras 7 a 9.

[0110] A modo de ejemplo, la Figura 7 muestra un cable 7 que comprende el módulo óptico 1 mostrado en la Figura 1 según la invención. Además del módulo óptico 1, el cable 7 comprende una capa de hilos de aramida 79 dispuestos externamente al elemento de retención 15 del módulo óptico 1. El cable 7 también comprende preferentemente una cubierta exterior 74 dispuesta externamente a la capa de hilos de aramida 79. La cubierta exterior 74 está hecha preferentemente de un material ignífugo sin halógenos de baja emisión de humo (por ejemplo, como se describe en el documento EP1043733 o el documento EP1116244). Opcionalmente, los elementos de resistencia lateral (por ejemplo, miembros de acero) pueden incrustarse dentro del espesor de la cubierta exterior 74.

55

60

[0111] La Figura 8 muestra un cable 8 que comprende una pluralidad de módulos ópticos similares al módulo óptico 1 mostrado en la Figura 1 según la invención.

65 **[0112]**

Según un ejemplo, el cable 8 mostrado en la Figura 8 comprende seis módulos ópticos 1. Cada módulo

óptico 1 tiene una estructura similar a la mostrada en la Figura 1 y descrita anteriormente. Por lo tanto, no se repetirá una descripción detallada. Los módulos ópticos 1 están dispuestos preferentemente según un patrón de hélice abierta (o "S-Z") alrededor del eje longitudinal del cable 8.

5 **[0113]** Para permitir la identificación de cada fibra individual del cable 8, el elemento de retención más externo de cada módulo óptico 1 comprendido dentro del cable 8 tiene un color respectivo. Por lo tanto, cada fibra óptica individual del cable 8 se identifica preferentemente mediante una combinación del color del elemento de retención más externo del módulo óptico 1 en el que está comprendida la fibra, y el color de la fibra como se define, por ejemplo, por el estándar internacional ANSI/EIA/TIA-598 "Codificación de color de fibra óptica" mencionado anteriormente.

10

[0114] Además de los módulos ópticos 1, el cable 8 comprende preferentemente un aglutinante 89 que rodea los módulos ópticos 1. El aglutinante 89 comprende preferentemente una cinta de envoltura (por ejemplo, una cinta de poliéster EFFEGIDI International Cavilen de 19 micras, unida con aglutinantes hinchables en agua Roblon de baja contracción de poliéster 1670 dtex). El cable 8 también comprende preferentemente una cubierta exterior 84 dispuesta externamente al aglutinante 89. La cubierta exterior 84 está hecha preferentemente de un polietileno de alta densidad (por ejemplo, polietileno de alta densidad bimodal Borealis Borstar® HE6062). El cable 8 también comprende preferentemente un miembro de resistencia central 85, alrededor del cual se enrollan los módulos ópticos 1. Opcionalmente, los elementos de resistencia lateral (por ejemplo, miembros de acero, no mostrados en la Figura 8) pueden incrustarse dentro del espesor de la cubierta exterior 84.

20

[0115] La Figura 9 muestra un cable 9 que comprende una pluralidad de módulos ópticos similares al módulo óptico 1 mostrado en la Figura 1.

25 **[0116]** Según un ejemplo, el cable 9 mostrado en la Figura 9 comprende doce módulos ópticos 1. Cada módulo óptico 1 tiene una estructura similar a la mostrada en la Figura 1 y descrita anteriormente. Por lo tanto, no se repetirá una descripción detallada. En consecuencia, el cable 9 tiene un número de fibras de $24 \times 12 = 288$. Los módulos ópticos 1 están dispuestos preferentemente según un patrón de hélice abierta (o "S-Z") alrededor del eje longitudinal del cable 9.

30 **[0117]** Para permitir la identificación de cada fibra individual del cable 9, el elemento de retención más externo de cada módulo óptico 1 comprendido dentro del cable 9 tiene un color respectivo. Por lo tanto, cada fibra óptica individual del cable se identifica preferentemente mediante una combinación del color del elemento de retención más externo del módulo óptico 1 en el que está comprendida la fibra, y el color de la fibra como se define, por ejemplo, por el estándar internacional ANSI/EIA/TIA-598 "Codificación de color de fibra óptica" mencionado anteriormente.

35

[0118] Además de los módulos ópticos 1, el cable 9 comprende preferentemente un tubo interno 94' que rodea los módulos ópticos 1. El tubo interno 94' está hecho preferentemente de un polietileno (por ejemplo, polietileno de alta densidad bimodal Borealis Borstar® HE6062 o Borealis Borstar® HE6068 de baja contracción). El cable 9 también comprende preferentemente un aglutinante 99 que rodea el tubo interno 94'. El aglutinante 99 comprende preferentemente una cinta de envoltura. El cable 9 también comprende preferentemente una cubierta exterior 94 dispuesta externamente al aglutinante 99. La cubierta exterior 94 está hecha preferentemente de polietileno de alta densidad (por ejemplo, polietileno de alta densidad Borealis Borstar® HE6062). El cable 9 también comprende preferentemente elementos de resistencia lateral (por ejemplo, miembros de acero) 96 incrustados dentro del espesor de la cubierta exterior 94. Los cordones de ruptura 93 también están incrustados preferentemente dentro del espesor de la cubierta exterior 94.

45

[0119] El uso de los módulos ópticos de la presente invención en cables tales como los descritos anteriormente, mejora ventajosamente el rendimiento mecánico del cable, en términos de resistencia a la tracción, resistencia al aplastamiento, carga mínima de aplastamiento y radio de curvatura mínimo. En particular, como se sabe, un límite para el rendimiento de aplastamiento de un cable es la atenuación de la señal debido a la macroflexión que puede ocurrir cuando las fibras ópticas en un tubo suelto se entrecruzan físicamente. Ventajosamente, según la presente invención, en el módulo óptico 1 las fibras ópticas no se superponen. Por lo tanto, la resistencia al aplastamiento del cable mejora y la carga mínima de aplastamiento aumenta.

50

55 **[0120]** Con referencia a la Figura 10, se describirá en detalle un aparato 100 y un procedimiento para fabricar el módulo óptico 1 según una realización de la presente invención.

[0121] En particular, el aparato 100 comprende preferentemente una guía de fibra 101, un puerto de grasa 102, un cuerpo de grasa 103, un cartucho 104, un puerto de extrusión primario 105, un puerto de extrusión auxiliar 106 (opcional), un cuerpo de troquel de cabeza de extrusión 107, un troquel 108, una punta de grasa 109, un tubo de núcleo 110 y una tuerca de troquel 111. La guía de fibra 101 está configurada preferentemente para sostener las fibras 13 que se incorporarán en el módulo óptico 1. El puerto de grasa 102 es la entrada de la grasa que puede llenar el espacio intersticial entre el miembro de resistencia 11 y el elemento de retención 15. El cuerpo de grasa 103 está configurado para sostener la punta de grasa 109 en su posición correcta, estando la punta de grasa 109 a su vez configurada para suministrar la grasa que llenará el espacio intersticial. El cartucho (o "tubo de flujo") 104 está

60

65

configurado para mantener el tubo de núcleo 110 en su posición correcta mientras permite que el polímero proporcionado por el puerto de extrusión primario 105 fluya a lo largo de la cabeza hacia el vacío entre el tubo de núcleo 110 y el troquel 108. El puerto de extrusión primario 105 está configurado para suministrar el polímero que forma el elemento de retención 15 al tubo de núcleo 110. El puerto de extrusión auxiliar 106 está configurado para suministrar un polímero adicional (opcional) al tubo de núcleo 110 (por ejemplo, para formar una tira coloreada a lo largo del elemento de retención 15 o para mejorar las propiedades de extrusión). El cuerpo de troquel de cabeza de extrusión 107 está configurado para sostener el troquel 108 y la tuerca de troquel 111. El troquel 108 (retenido por una tuerca de troquel 111) y el tubo de núcleo 110 están configurados para definir un espacio vacío anular a través del cual fluye el polímero extruido, formando así el elemento de retención 15.

10

[0122] Ventajosamente, la línea de extrusión del aparato 100 comprende una guía de fibra 101 provista de una guía de pequeño calibre continua, que asegura que las fibras 13 se agrupen alrededor del miembro de resistencia 11 en toda la longitud de la guía de fibra 101. Una guía de tal calibre preferentemente tiene un diámetro interior de 2,690 mm y un diámetro exterior de 3,505 mm. Además, en cuanto a la punta de grasa 109, su diámetro interno preferentemente se aproxima al paquete inyectado requerido final de 2,7 mm (el diámetro interno de la punta de grasa 109 generalmente es, en cambio, ligeramente mayor - aproximadamente el 20 % - que el diámetro interno de la guía de fibra 101, con el fin de garantizar el flujo hacia adelante de la grasa).

15

[0123] Ahora se describirá en detalle el procedimiento para fabricar el módulo óptico 1 utilizando el aparato 100.

20

[0124] Dentro del aparato 100, el miembro de resistencia 11 (opcionalmente recubierto con el recubrimiento 12) se pasa primero a través de la guía de fibra 101. Las fibras ópticas 13 preferentemente se hacen oscilar alrededor del miembro de resistencia 11 y se juntan en la guía de fibra 101. A continuación, el miembro de resistencia 11 (con las fibras 13 dispuestas alrededor de él) se pasa a través de la punta de grasa 109, que inyecta el compuesto de relleno en los espacios intersticiales entre las fibras 13. La colección del miembro de resistencia 11, las fibras 13 y el compuesto de relleno se alimenta a continuación a la herramienta de extrusión que comprende el tubo de núcleo 110 y el troquel 108, que extruden el elemento de retención 15 sobre las fibras 13.

25

REIVINDICACIONES

1. Un cable óptico (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) que comprende un grupo de módulos ópticos (1), comprendiendo cada uno de dichos módulos ópticos (1):
- 5
- un miembro de resistencia (11);
 - una pluralidad de fibras ópticas (13) dispuestas alrededor de dicho miembro de resistencia (11), estando dichas fibras ópticas (13) dispuestas sustancialmente en una circunferencia concéntrica con dicho miembro de resistencia (11); y
- 10
- un elemento de retención (15) dispuesto alrededor de dicha pluralidad de fibras ópticas (13),
- donde dicho cable óptico comprende una cubierta exterior (24) alrededor del grupo de módulos ópticos (1), donde dicho cable óptico no tiene un miembro de resistencia central, y donde dicho miembro de resistencia (11) está cubierto por un recubrimiento (12) y dichas fibras ópticas están al menos
- 15
- parcialmente incrustadas dentro de dicho recubrimiento (12).
2. El cable óptico (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) según la reivindicación 1, donde dicho miembro de resistencia de módulo óptico (11) es una varilla hecha de un plástico reforzado con vidrio (GRP).
- 20
3. El cable óptico (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) según la reivindicación 2, donde dicha varilla está hecha de un GRP que tiene un módulo de Young comprendido entre 25 MPa y 125 MPa.
4. El cable óptico (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde dicho
- 25
- miembro de resistencia (11) tiene un diámetro comprendido entre 0,55 mm y 0,95 mm, preferentemente 0,75 mm.
5. El cable óptico (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) según la reivindicación 1, donde dicha cubierta exterior (24) tiene un espesor comprendido entre 0,1 mm y 3,0 mm.
- 30
6. El cable óptico (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) según la reivindicación 1, donde el cable comprende además varios rellenos intersticiales (21) que permiten hacer el núcleo óptico del cable más redondeado para el forro.
7. El cable óptico (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde dicho
- 35
- recubrimiento (12) está hecho de un material hinchable en agua.
8. El cable óptico (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) según la reivindicación 7, donde dicho recubrimiento (12) está hecho de un copolímero de EVA.
9. El cable óptico (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde dicho
- 40
- elemento de retención (15) es un tubo coaxial dispuesto externamente al miembro de resistencia (11).
10. El cable óptico (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) según la reivindicación 9, donde el elemento de retención (15) está hecho de un único material polimérico seleccionado en el grupo que comprende: tereftalato de polibutileno (PBT), polipropileno (PP), polietileno (PE), poliamida (PA), policarbonato (PC), acrilonitrilo butadieno estireno (ABS),
- 45
- elastómeros termoplásticos (TPE), etileno y acetato vinilo (EVA), acrílicos curados por UV.
11. El cable óptico (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) según la reivindicación 9, donde el elemento de retención (15) comprende dos primeras porciones que se extienden longitudinalmente hechas de un primer material de mayor tenacidad a la fractura y dos segundas porciones que se extienden longitudinalmente hechas de un segundo material
- 50
- de menor tenacidad a la fractura, teniendo cada una de las primeras porciones y segundas porciones una sección transversal en forma de un sector de corona circular.
12. El cable óptico (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde un diámetro exterior del elemento de retención (15) está comprendido entre 0,6 mm y 2,2 mm.
- 55
13. El cable óptico (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde dichas fibras (13) están dispuestas lado a lado en dicha circunferencia, sin superposición recíproca.
14. El cable óptico (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde dicho
- 60
- módulo óptico (1) comprende además un recubrimiento adicional dispuesto en una superficie interior de dicho elemento de retención (15).
15. El cable óptico (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde dicho
- 65
- módulo óptico (1) comprende, además, en un espacio intersticial entre el miembro de resistencia (11) y el elemento de retención (15), un material de bloqueo de agua y/o una grasa amortiguadora.

16. Un procedimiento para fabricar un cable óptico (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9), comprendiendo dicho procedimiento:

- 5 • proporcionar un miembro de resistencia (11) cubierto por un recubrimiento (12);
- trenzar una pluralidad de fibras ópticas (13) alrededor de dicho miembro de resistencia (11), donde dichas fibras ópticas están al menos parcialmente incrustadas dentro de dicho recubrimiento (12);
- cubrir las fibras ópticas (13) con un elemento de retención (15), formando así un módulo óptico (1);
- alojar dos o más módulos ópticos (1) dentro de una cubierta exterior (24, 34, 44, 94);
- 10 • proporcionar una cubierta exterior (24) alrededor de dichos dos o más módulos ópticos (1), donde dicho cable óptico fabricado no tiene un miembro de resistencia central.

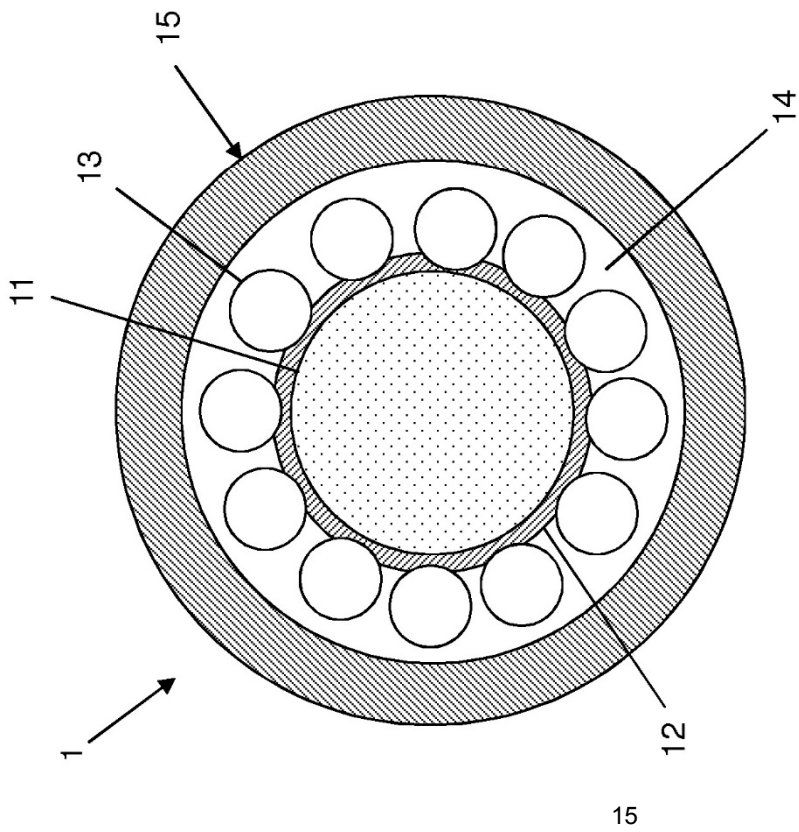


Fig. 1

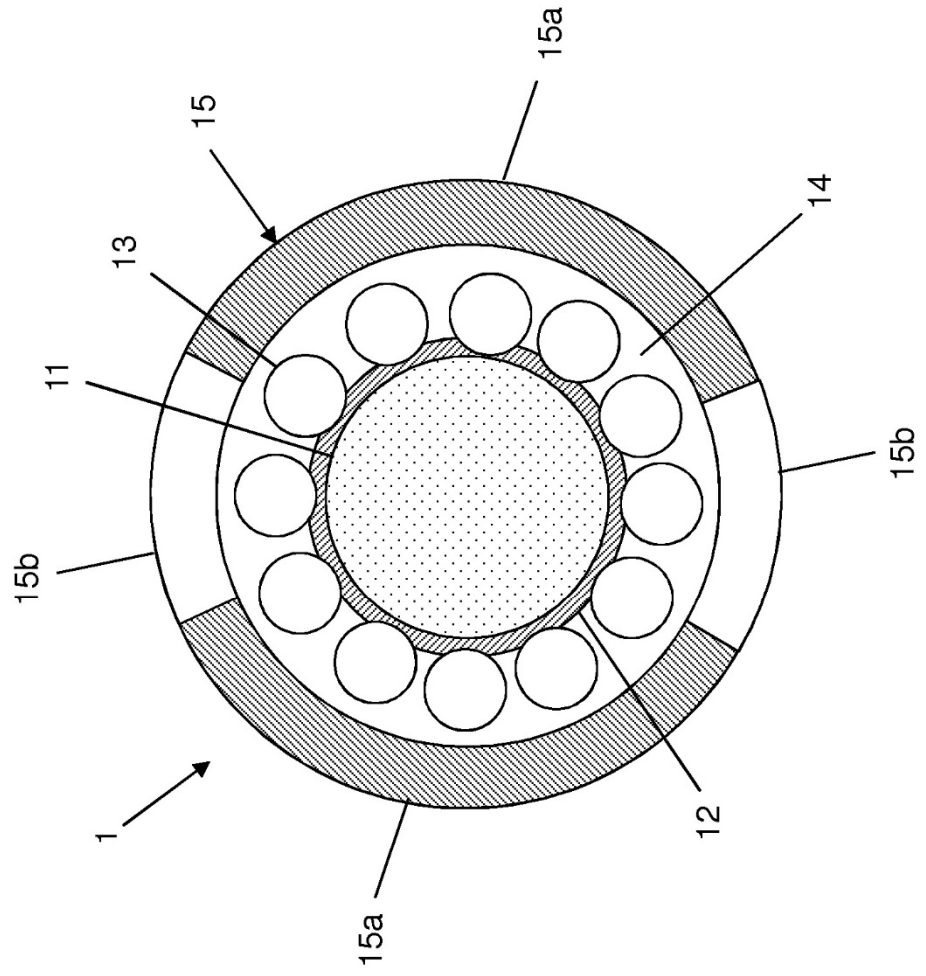


Fig. 1a

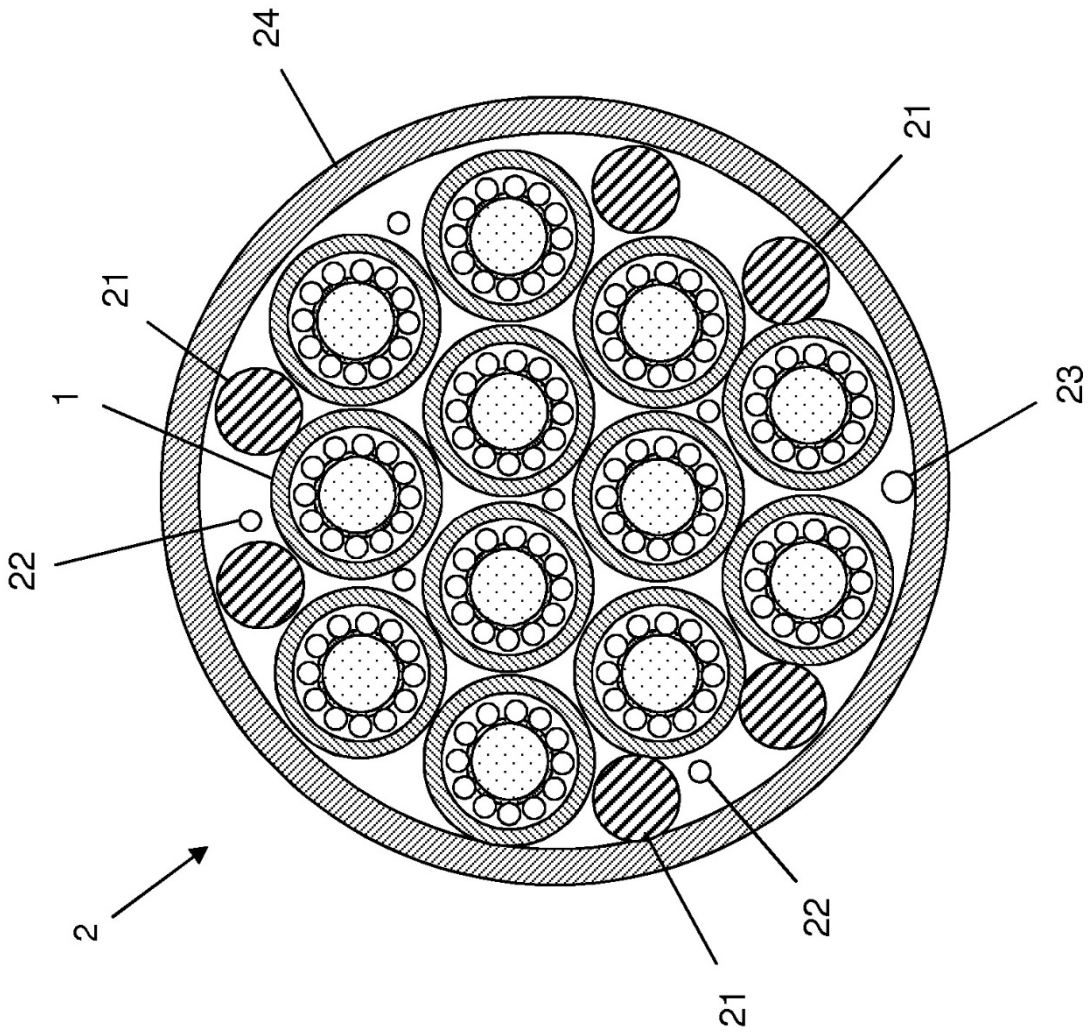


Fig. 2

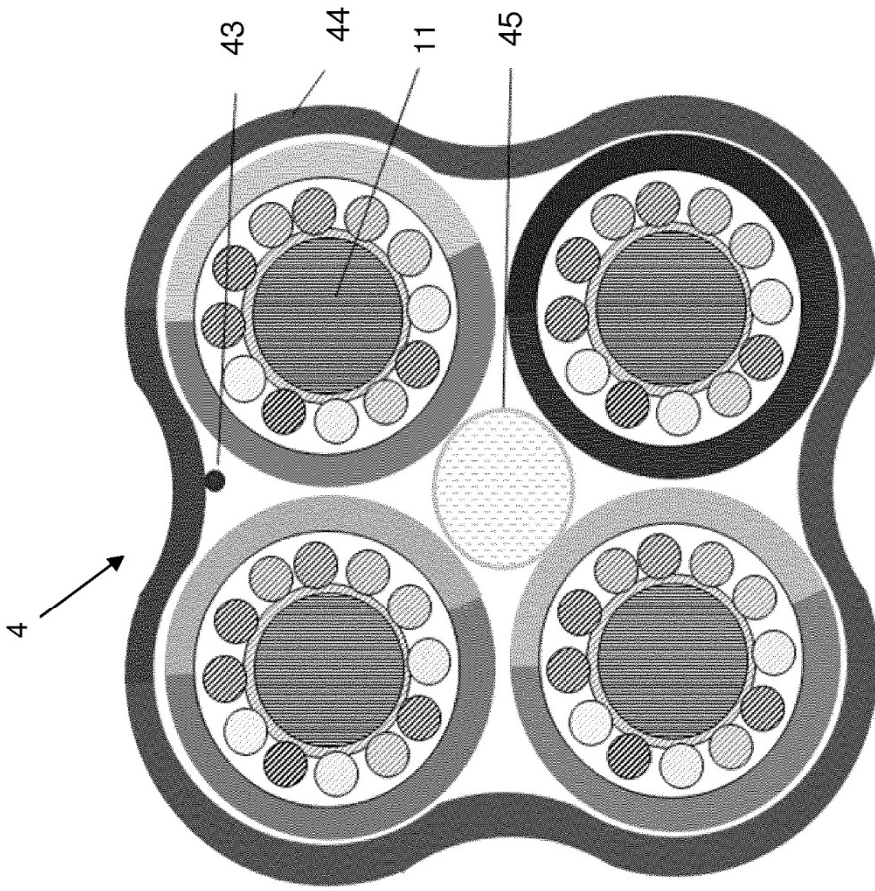


Fig. 4

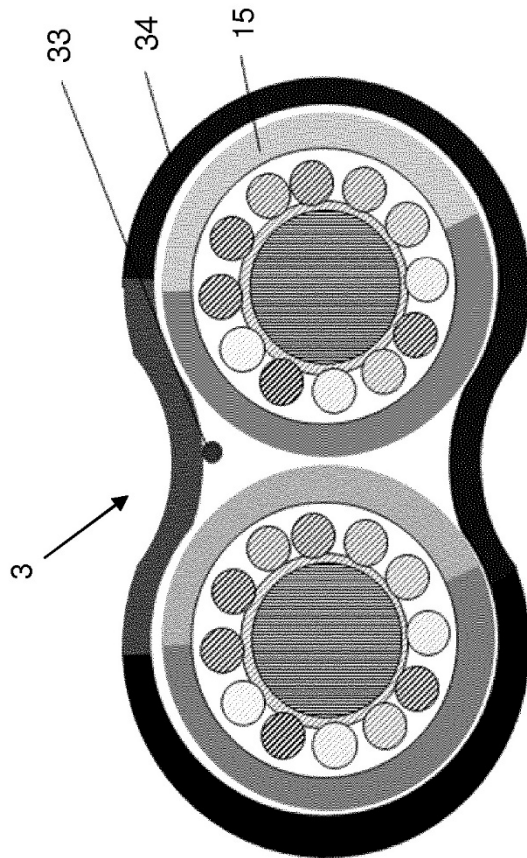


Fig. 3

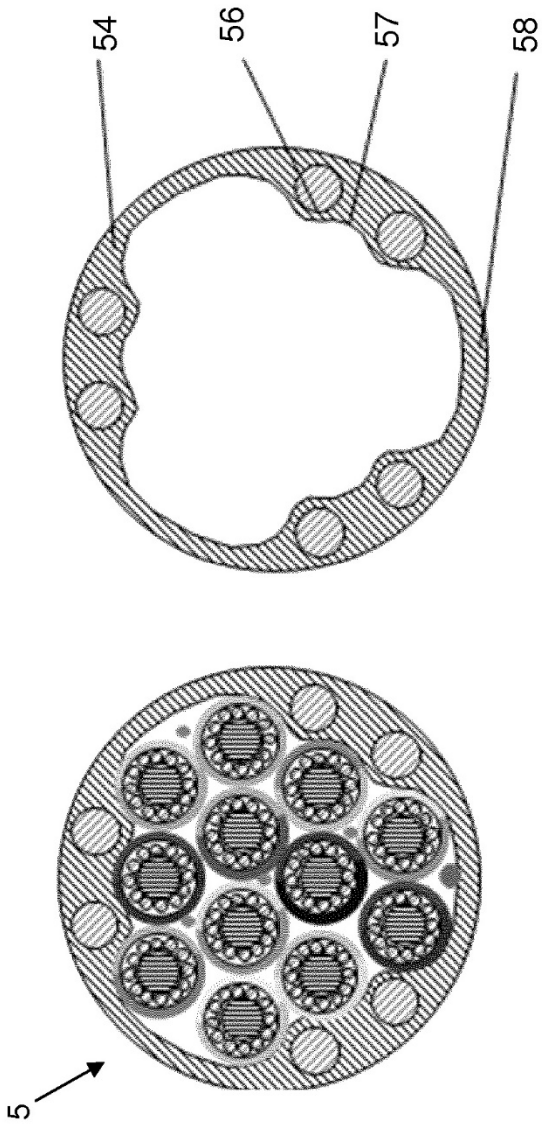


Fig. 5b

Fig. 5a

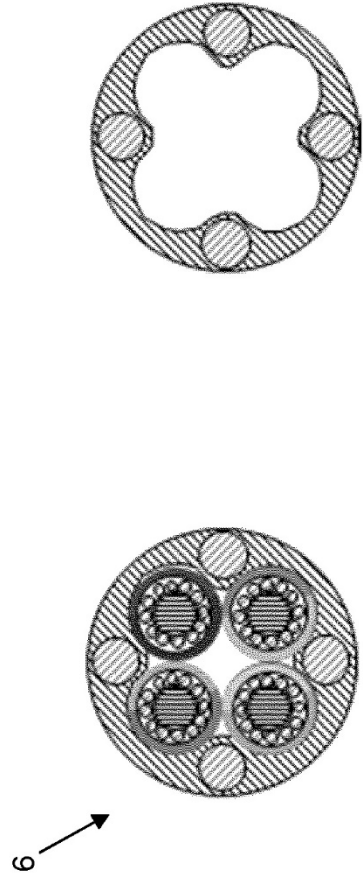


Fig. 6b

Fig. 6a

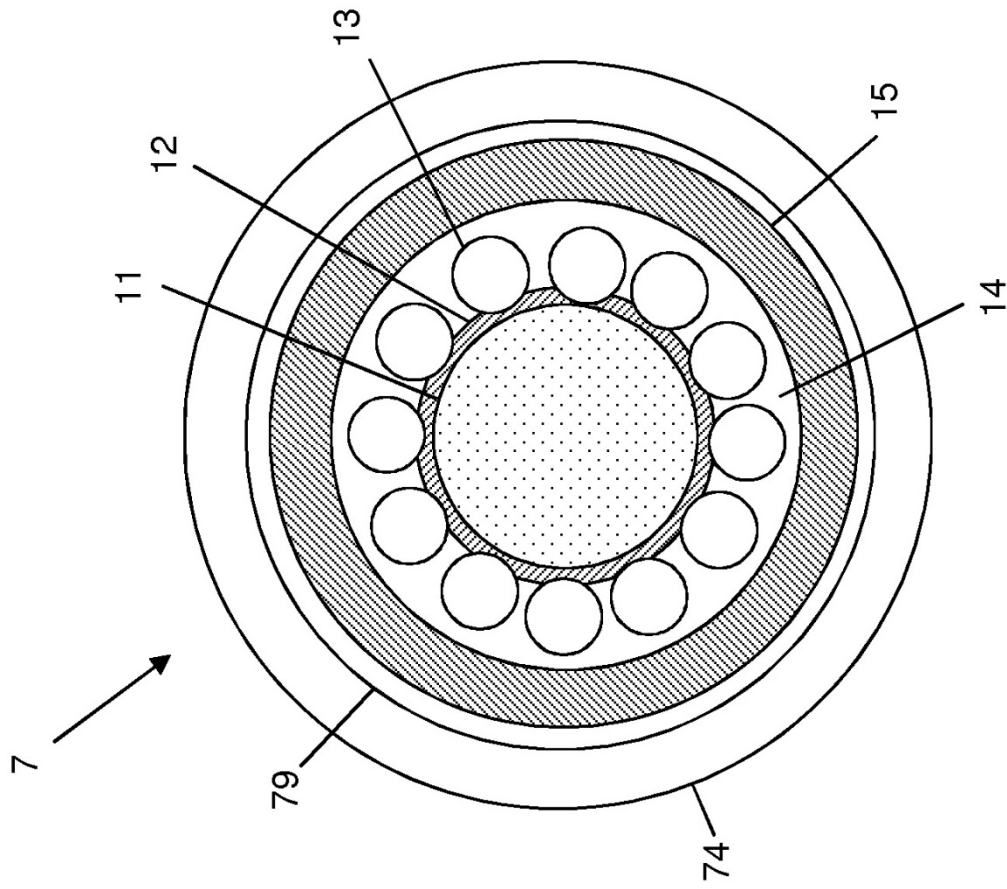


Fig. 7

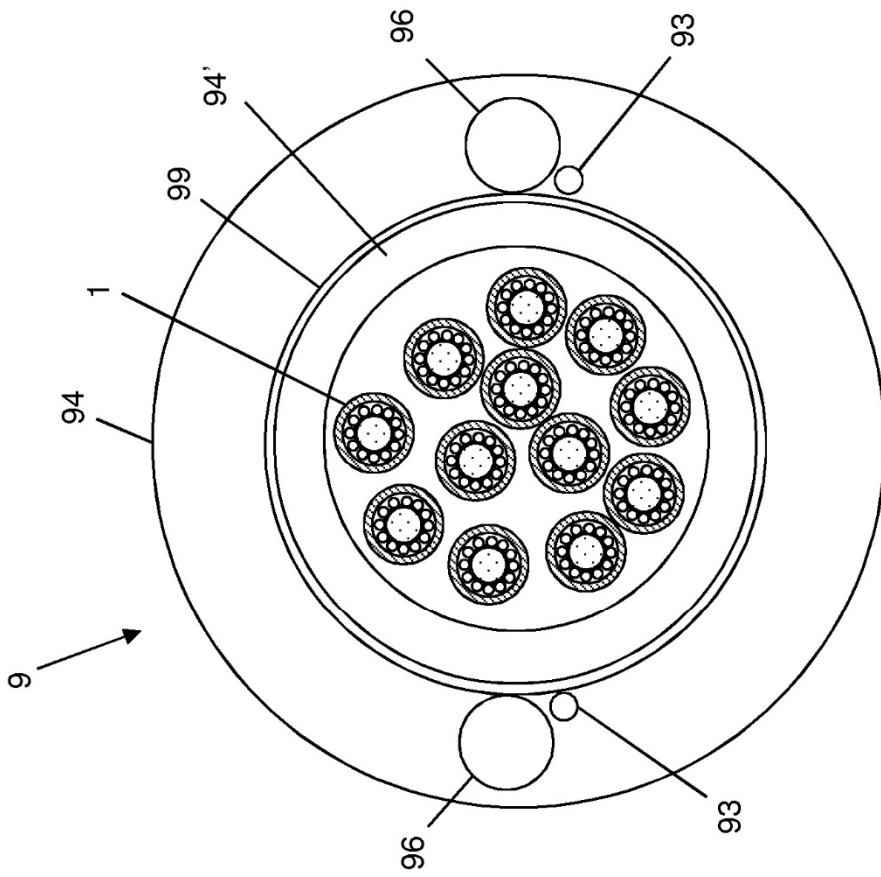


Fig. 9

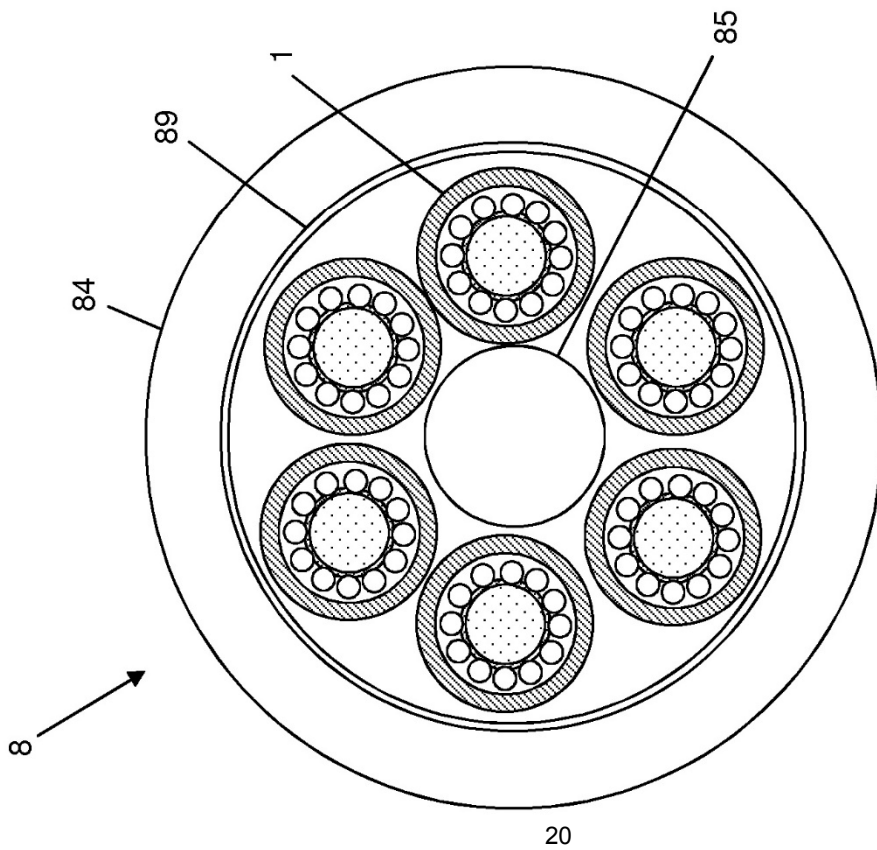


Fig. 8

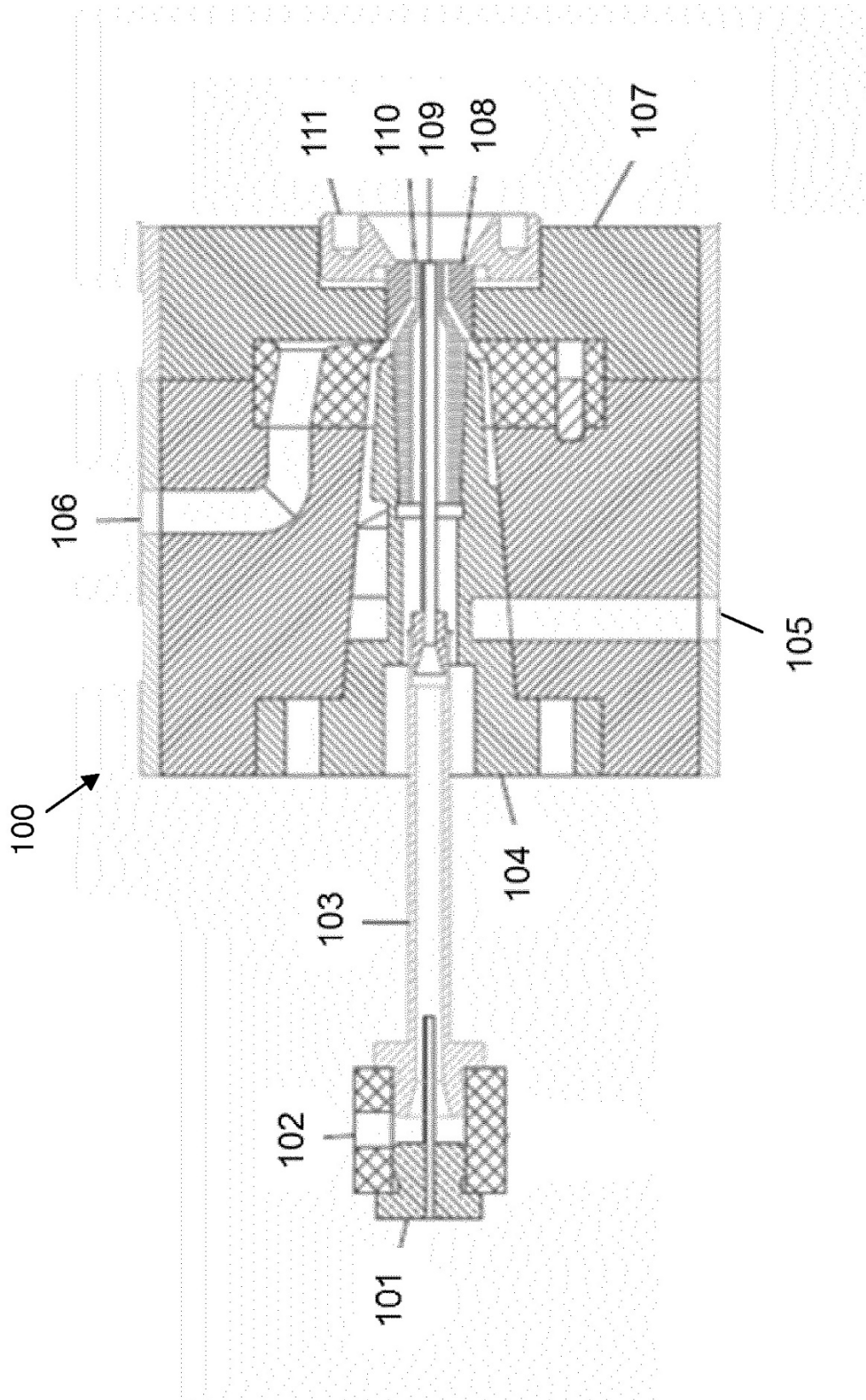


Fig. 10