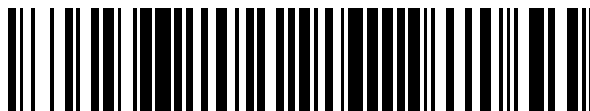


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 632 247**

21 Número de solicitud: 201630287

51 Int. Cl.:

G02B 6/02

(2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación:

11.03.2016

43 Fecha de publicación de la solicitud:

12.09.2017

71 Solicitantes:

GARCÍA GUERRERO, Jorge (100.0%)
Passeig de Sant Joan 112, 2-1
08037 Barcelona ES

72 Inventor/es:

GARCÍA GUERRERO, Jorge

54 Título: **Cable inteligente de fibra óptica y fibras de nanotubos de carbono**

57 Resumen:

Un cable inteligente (1) de fibra óptica (11) y fibras de nanotubos de carbono (8) incluye una estructura polimérica (7) compuesta por dos tubos concéntricos separados, que generan una cavidad perimetral (5) entre los dos tubos y una cavidad central (6) en el interior del tubo menor (3). La cavidad perimetral (5) puede tener elementos poliméricos de separación en disposición radial (4) uniendo los dos tubos y formando varias cavidades perimetrales (5). En las cavidades perimetrales (5) se alojan fibras de nanotubos de carbono (8) y en la cavidad central (6) uno o varios cables de fibra óptica (11). La estructura polimérica (7) protege y aísla las fibras de nanotubos de carbono (8) y las fibra o fibras ópticas (11), además aporta resistencia a la compresión mientras que las fibras de nanotubos de carbono (8) aportan resistencia a la tracción. El cable o los cables de fibra óptica (11) funcionan como transmisores de datos y las fibras de nanotubos de carbono (8) como conductor eléctrico.

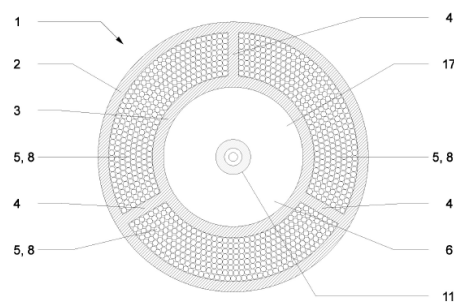


FIG. 15

DESCRIPCIÓN

CABLE INTELIGENTE DE FIBRA ÓPTICA Y FIBRAS DE NANOTUBOS DE CARBONO

5

SECTOR DE LA TÉCNICA

La presente invención es un cable que conjuga nanotecnología con tecnología óptica, más en particular combina fibras de nanotubos de carbono con fibras ópticas. Las fibras ópticas como transportadoras de datos , en concreto como conductor de comunicación, y las fibras de nanotubos de carbono como transportadoras de energía, en concreto como conductor eléctrico. Este cable alimenta a dispositivos y resulta ser aplicable principalmente en edificios residenciales y del sector terciario, y desarrolla redes urbanas e interurbanas.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

En la mayor parte del siglo XX, el cobre ha sido el material más utilizado en las aplicaciones electrónicas y en las de telecomunicación, gracias a su excelente conductividad eléctrica y facilidad para la transmisión de voz y datos.

20

En el año 1970, los Investigadores Robert Maurer, Donald Keck y Peter Schultz de la empresa Corning Glass, diseñaron un cable de fibra óptica llamado "Conductor de Luz" (número de patente 3.711.262), capaz de llevar 65.000 veces más información que el cable de cobre, a través del cual la información llevada mediante un patrón de ondas de luz podía decodificarse en un destino que estuviese incluso a miles de kilómetros de distancia.

25

A partir de este diseño se inicia una competencia entre comunicación eléctrica y óptica. Cada minuto que ha pasado desde entonces hasta hoy ha ido en beneficio de la comunicación óptica.

30

Ahora, ante la creciente demanda de electricidad y el continuo incremento en los precios del cobre, debido a la escasez de este material, es necesario encontrar nuevos materiales conductores que ayuden a satisfacer nuestra necesidad de electricidad. En la actualidad, muchas aplicaciones y dispositivos electrónicos comienzan a requerir características que el cobre no posee como por ejemplo, materiales cada vez más ligeros.

35

En 1987, le fue entregada una patente de los EE.UU. a Howard G. Tennent de Hyperion Catálisis, por la producción de "fibrillas discretas cilíndricas de carbono", con un diámetro de entre 3.5 y alrededor de 70 nanómetros, una longitud 10^2 el diámetro, un orden exterior de la región de múltiples capas esencialmente continuas de átomos de carbono ordenados, y un núcleo interno distinto.

En el año 2006 un artículo escrito por Marc Monthieux y Vladimir Kuznetsov en el "Carbon Journal", describe el interesante y a menudo erróneo origen de los nanotubos de carbono. Un elevado porcentaje de universitarios y de literatura popular, atribuye el descubrimiento de tubos huecos de carbono compuestos de grafito a Sumio Iijima de NEC en 1991.

Aun así, consta que los nanotubos de carbono fueron descubiertos en 1952 por los científicos rusos Radushkevich y Lukyanovich; sin embargo, su descubrimiento pasó desapercibido por ser publicado en Rusia en plena Guerra Fría.

Estos dos descubrimientos inducen al desarrollo de la invención que nos atañe y que se explica a continuación.

EXPLICACIÓN DE LA INVENCION

El desarrollo imparable de las ciudades para transformarse en ciudades inteligentes, apostando por un modelo inteligente de gestión y control de recursos y servicios, mejorando los objetivos de sostenibilidad y reduciendo así las emisiones de CO₂, implica una evolución tecnológica eficiente, integradora y global en sus múltiples facetas. Un factor importante, para una consecución efectiva de ciudades inteligentes, es fundamentar las bases tecnológicas, simplificando e integrando los dispositivos y elementos que la componen. Por ello es necesario transformar la infraestructura. De esta manera alcanzaremos una mayor eficiencia de la superestructura en cuanto a energía y telecomunicaciones es decir, en cuanto a nuevas tecnologías.

Esta invención integra en un solo cable, información y energía, aglutinando y sintetizando la red de datos y la red de eléctrica, potenciando las Tecnologías de la Información y la comunicación (TIC's). Desaparece así la competencia entre comunicación óptica y eléctrica. La red óptica siempre estará autoalimentada energéticamente, eliminando deficiencias anteriores, a la vez que mantiene su potencial como transmisor de datos, sin interferencias electromagnéticas. Todos los dispositivos podrán ser inteligentes, aportando toda la

información de su funcionamiento en tiempo real (uso, desgaste, mantenimiento, fallos, consumo), a la vez que se le aporta la energía eléctrica necesaria para su funcionamiento. Con ello la eficiencia de los diferentes dispositivos es óptima.

- 5 El cable de la invención une dos tecnologías, la transmisión de datos mediante fibra óptica y el transporte de energía mediante fibras de nanotubos de carbono.

Un sistema de transmisión por fibra óptica tiene tres componentes básicos, el medio de transmisión o canal óptico, las fuentes ópticas o dispositivo fotoemisor y el detector óptico o
10 dispositivo fotodetector. Las fuentes ópticas están moduladas por la señal que lleva la información (LASER, LED) y el detector óptico extrae de la portadora óptica modulada una señal prácticamente igual a la señal de la entrada (fotodiodos PIN, fotodiodos de avalancha). La parte relativa a los datos de esta invención se centra en lo relativo al medio de transmisión como portadora de información para aplicaciones en enlaces de
15 telecomunicaciones seguros y de gran velocidad y capacidad.

Como medio de transmisión, la fibra óptica es una guía de señales ópticas y tiene la particularidad de poder encaminar la luz a través de largas varillas de plástico o vidrio, incluso en un recorrido curvilíneo. La luz viaja mediante un proceso de reflexión interna. El
20 núcleo de la varilla es más reflectante que el material alrededor de éste, lo que causa que la luz siga reflectándose de vuelta al centro donde puede continuar su viaje a través de la fibra. Se compone de tres partes, núcleo, recubrimiento y revestimiento primario. Normalmente tienen una protección secundaria que puede ser de tipo ajustada u holgada, la holgada puede ser con un tubo o con un módulo acanalado.

25 Las fibras ópticas según el modo de propagación en el interior del núcleo pueden ser, fibras monomodo que tienen un solo modo de propagación de los rayos en el interior del núcleo, paralelo al eje de la fibra óptica, o fibras multimodo donde la luz se propaga en múltiples modos que siguen diferentes caminos. Según la variación del índice de refracción en el
30 núcleo las fibras ópticas pueden ser, fibras con salto de índice (step Index) en la que el índice de refracción del núcleo se mantiene constante al variar la distancia desde el centro de la fibra hacia el exterior, y fibras con variación de índice (graded index) en la que el índice de refracción del núcleo varía al variar la distancia desde el centro de la fibra hacia el exterior. En la invención que nos ocupa se contemplan todos estos tipos.

35 Actualmente, la red de datos formada por fibras ópticas de una hebra de vidrio de gran

pureza y del grosor de un cabello, pueden enviar una señal de 565 Mbps/seg (7.680 canales telefónicos) a una distancia de 80 kms sin regeneración alguna y con una atenuación media de 0,22 dB/Km. Con la aportación intrínseca de energía eléctrica la atenuación estará controlada y los regeneradores de señal no tendrán limitaciones en cuanto a ubicación aumentando notablemente el rendimiento de los sistemas.

La red eléctrica, con las fibras de nanotubos de carbono como conductor eléctrico, se transforma. Estas nanoestructuras, además de ser uno de los materiales más ligeros y fuertes que se conocen, también son excelentes conductores de electricidad. Las fibras de nanotubos de carbono con respecto al cobre pesan seis veces menos, aportando ligereza en aplicaciones y dispositivos electrónicos, son mil veces más fuertes y no son tan costosas si son producidas a grandes escalas. Por tanto mantienen la conductividad eléctrica del cobre y mejoran en ligereza, resistencia y flexibilidad.

Además, las fibras de nanotubos de carbono pueden obtenerse a partir de metano, no sólo ofreciendo una tecnología con menor impacto ambiental que el relacionado con la extracción del cobre, sino reduciendo los gases de efecto invernadero. La producción de fibras de nanotubos de carbono requiere dos componentes principales, una fuente de carbono de donde se puedan extraer los átomos de carbono, y partículas catalizadoras que sirven para comenzar la formación de los nanotubos. El proceso de fabricación de las fibras requiere que la fuente de carbono sea introducida en un estado gaseoso, gracias a esto, gases de invernadero como el metano (CH_4) y el dióxido de carbono (CO_2) pueden ser utilizados en la formación de este material.

Las fibras de nanotubos de carbono consideradas en esta invención son las obtenidas por cualquiera de los diferentes procedimientos o métodos para sintetizar los nanotubos de carbono: deposición química del vapor (CVD), arco de descarga eléctrica, vaporización por láser, Síntesis Catalítica, HiPCO.

La CVD es un proceso de síntesis en el que se introducen en un horno, que se encuentra en su parte central a un poco más de 1000 grados centígrados, precursores de carbono y un catalizador en estado gaseoso. Cuando el precursor, que es un gas que contiene carbono (por ejemplo metano), llega a la zona más caliente del horno, las moléculas del gas se descomponen produciendo átomos de carbono que comienzan a nuclear en las partículas catalizadoras. Los átomos de carbono se acomodan sobre estas partículas formando los nanotubos de carbono. La reacción forma una nube de nanotubos que es transportada a

una zona del horno que se encuentra a una temperatura más baja. Es ahí en donde la nube se condensa y puede comenzar a enrollarse en forma de fibra. Una vez que la nube se ha enrollado se extrae del horno y se enrolla de forma continua en un rodillo que gira a una velocidad constante colectando la fibra. El material resultante es un hilo muy delgado. El "hilo" que sale del horno es la fibra de nanotubos de carbono.

El arco de descarga eléctrica consiste en conectar dos barras de grafito con diámetros de 0,5 a 40 mm a una fuente de alimentación con voltaje de 20-50 V, separarlas unos milímetros y accionar un interruptor. Al saltar una chispa de corriente DC de 50-120 A entre las barras y una presión base de 400 torr de helio, el carbono se evapora en un plasma caliente. Parte del mismo se vuelve a condensar en forma de nanotubos.

La vaporización por láser consiste en el bombardeo de una barra de grafito con pulsos intensos de láser. Los pulsos de láser se utilizan en lugar de electricidad para generar el gas caliente de carbono (1200°C) a partir del que se forman los nanotubos. Se pueden utilizar varios catalizadores (Fe, Co, Ni) para lograr las condiciones adecuadas y producir grandes cantidades de nanotubos de pared única.

Otros métodos dispersan los nanotubos en alguna solución líquida y después los condensan en forma de fibra. Otros sintetizan nanotubos en forma de "carpetas" o "bosques" y después los enrollan para formar las fibras.

Esta fibra está formada por millones de nanotubos principalmente orientados paralelamente al eje longitudinal de la fibra. Cada hilo tiene un diámetro de unos micrómetros (análogos a un décimo de un cabello humano). Si hablamos de un sólo nanotubo (la nanoestructura), entonces las dimensiones son nanómetros (más de 10 mil veces más delgado que un cabello humano). Enrollando varias hebras se pueden formar cables que además de ser muy ligeros y resistentes, son conductores de electricidad.

La fibra se condensa directamente de la fase gaseosa en la que se forman los nanotubos. Esto permite una producción continua de la fibra, lo cual es fundamental para poder llevar la fabricación de este material a escalas industriales.

Estas dos tecnologías, transmisión de datos mediante fibra óptica y transporte de energía mediante fibras de nanotubos de carbono, se agrupan en una estructura polimérica configurada por dos tubos concéntricos, separados por un espacio donde se alojan las fibras

de nanotubos de carbono organizadas en una o varias cavidades perimetrales. De esta manera se puede transportar corriente continua o corriente alterna en función de los requerimientos. Por ejemplo, el cable de una cavidad perimetral puede transportar una fase de corriente alterna o la ida o el retorno de corriente continua; el cable de dos cavidades perimetrales puede transportar la ida y el retorno en corriente continua o dos fases de corriente alterna; el cable de tres cavidades puede transportar tres fases de corriente alterna; el cable de cuatro cavidades perimetrales puede transportar corriente continua en ida y retorno por partida doble, y así sucesivamente.

A su vez, la estructura polimérica conforma otro espacio en el interior del tubo menor que constituye la cavidad central. Aquí se aloja la fibra óptica, las fibras ópticas o los haces de fibras ópticas. El número de fibras ópticas dependerá si el cable inteligente está destinado a uso doméstico, en este caso normalmente contendrá una fibra destinada a un dispositivo, o si el cable inteligente está destinado a uso de distribución interior o exterior de edificios o urbana, en cuyo caso el número de fibras ópticas será mayor, en función del diseño de la distribución.

Esta estructura polimérica, como características físicas aporta resistencia a la compresión, al aplastamiento y al impacto. Además, la adición de las fibras de nanotubos de carbono aporta resistencia a la tracción. Todas estas propiedades protegen sobremanera a los cables de fibra óptica y reduce los elementos que aportan estas características en un cable convencional. Por tanto, las propiedades físicas del cable inteligente conllevan ligereza, resistencia y flexibilidad que le confieren la estructura y las fibras de nanotubos de carbono.

El diseño de la sección transversal del cable permite que los conectores realicen la conexión con las fibras de nanotubos de carbono perpendicularmente a la sección del cable o a través del recubrimiento exterior. Según el procedimiento, la conexión con la fibra óptica se hará, normalmente, en primer lugar siendo independiente de la conexión con las fibras de nanotubos de carbono que se hará posteriormente según se ha indicado anteriormente.

Además, la compilación de fibras ópticas y fibras de nanotubos de carbono en un solo cable, reduce a mínimos los problemas de atenuación puesto que la señal óptica se puede recuperar, siempre que se considere, mediante dispositivos de regeneración de señal.

Con el cable inteligente, se gestiona eficientemente la distribución de la energía puesto que cada dispositivo aporta toda la información sobre su funcionamiento y sobre las necesidades

energéticas en tiempo real, consiguiendo máxima optimización de uso y unas redes eléctricas más flexibles, que se adaptan a la demanda. Las TICs se aplican a los sistemas de gestión, control y automatización siendo más eficientes y recibiendo datos para una gestión óptima. Esto comportará, en el ámbito del crecimiento sostenible, la reducción de las emisiones, una generación limpia, eficiente, no contaminante, y por tanto una reducción del impacto ambiental.

Esta invención transforma la infraestructura de las ciudades, de los edificios y de los hogares para hacerlos inteligentes, desarrollando en un solo cable sistemas de transmisión de datos de máxima velocidad y nuevas redes eléctricas satisfaciendo los requisitos necesarios para la evolución de las ciudades.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La presente invención se comprenderán más fácilmente a partir de la siguiente descripción detallada de realizaciones específicas de la misma cuando se lea conjuntamente con los dibujos adjuntos, en los cuales:

Figura 1.- Es una vista en sección de la estructura polimérica de un cable inteligente con una cavidad perimetral para alojar fibras de nanotubos de carbono y una cavidad central para alojar una o varias fibras ópticas;

Figura 2.- Es una vista en sección de la estructura polimérica de un cable inteligente con dos cavidades perimetrales iguales para alojar fibras de nanotubos de carbono y una cavidad central para alojar una o varias fibras ópticas;

Figura 3.- Es una vista en sección de la estructura polimérica de un cable inteligente con tres cavidades perimetrales iguales para alojar fibras de nanotubos de carbono y una cavidad central para alojar una o varias fibras ópticas;

Figura 4.- Es una vista en sección de la estructura polimérica de un cable inteligente con cuatro cavidades perimetrales iguales para alojar fibras de nanotubos de carbono y una cavidad central para alojar una o varias fibras ópticas;

Figura 5.- Es una vista en perspectiva de un nanotubo de carbono donde se aprecia la configuración de su estructura;

Figura 6.- Es una vista isométrica de un nanotubo de carbono donde se aprecia la configuración de su estructura;

Figura 7.- Es una vista en sección que muestra la proporción de un cable de fibra óptica cuyo núcleo es de 9 μm de diámetro;

Figura 8.- Es una vista en sección que muestra la proporción de un cable de fibra óptica cuyo núcleo es de 50 μm de diámetro;

Figura 9.- Es una vista en sección que muestra la proporción de un cable de fibra óptica cuyo núcleo es de 62,5 μm de diámetro;

Figura 10.- Son diferentes secciones que muestran posibles configuraciones de la cavidad central de un cable inteligente en cuanto al número de fibras ópticas que puede contener;

Figura 11.- Son diferentes secciones que muestran posibles configuraciones de la cavidad central de un cable inteligente en cuanto al número de tubos holgados que puede contener;

Figura 12.- Son diferentes secciones que muestran posibles configuraciones que pueden tener los tubos holgados que conforman la cavidad central de un cable inteligente en cuanto al número de fibras ópticas que puede contener;

Figura 13.- Son diferentes secciones que muestran posibles configuraciones que pueden tener los haces de fibras ópticas que conforman la cavidad central de un cable inteligente en cuanto al número de fibras ópticas que puede contener;

Figura 14.- Son diferentes secciones que muestran posibles configuraciones de la cavidad central de un cable inteligente en cuanto al número de fibras ópticas que puede contener en función del número de haces de fibras ópticas y el número de fibras ópticas que contienen estos;

Figura 15.- Es una vista en sección de un cable inteligente con tres cavidades perimetrales iguales donde se alojan fibras de nanotubos de carbono, y una cavidad central donde se aloja una fibra óptica;

Figura 16.- Es una vista en sección de un cable inteligente con dos cavidades perimetrales

iguales donde se alojan fibras de nanotubos de carbono, y una cavidad central donde se aloja una fibra óptica con una tercera capa de protección que es un tubo holgado;

Figura 17.- Es una vista en sección de un cable inteligente con tres cavidades perimetrales
5 iguales donde se alojan fibras de nanotubos de carbono, y una cavidad central donde se aloja ocho fibra óptica;

Figura 18.- Es una vista en sección de un cable inteligente con tres cavidades perimetrales
iguales donde se alojan fibras de nanotubos de carbono, y una cavidad central donde se
10 alojan siete tubos holgados que contienen ocho fibras ópticas cada uno;

Figura 19.- Es una vista en sección de un cable inteligente con tres cavidades perimetrales
iguales donde se alojan fibras de nanotubos de carbono, y una cavidad central donde se
alajan quince haces de fibras ópticas que contienen siete fibras ópticas cada uno;

15 A Continuación se proporciona una lista de los distintos elementos representados en las figuras que integran la invención:

- 1 = Cable inteligente
- 20 2 = Tubo de diámetro mayor
- 3 = Tubo de diámetro menor
- 4 = Elemento en disposición radial
- 5 = Cavidad perimetral
- 6 = Cavidad central
- 25 7 = Estructura polimérica
- 8 = Fibras de nanotubos de carbono
- 9 = Nanotubos de carbono
- 10 = Átomo de carbono
- 11 = Fibra óptica
- 30 12 = Haces de fibra óptica
- 13 = Núcleo de fibra óptica
- 14 = Revestimiento
- 15 = Recubrimiento
- 16 = Capa polimérica
- 35 17 = Elemento aglutinante
- 18 = Tubos holgados

19 = Elemento central de relleno

20 = Elemento pasivo

21 = Elemento de relleno o refuerzo

22 = Cordón de apertura

5 23 = Extensión exterior del elemento en disposición radial

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

10 Ahora, se hará referencia en detalle a los aspectos más relevantes de la presente divulgación ilustrados en los dibujos adjuntos. Siempre que sea posible, se utilizará el mismo número de referencia de los dibujos para referirse al mismo elemento.

15 Un cable inteligente (1) incluye dos tubos concéntricos, un tubo de diámetro mayor (2) y otro tubo de diámetro menor (3), con espesores iguales o diferentes, separados entre sí; unidos o no por elementos en disposición radial (4) con respecto al centro del tubo de diámetro mayor (2) y del tubo de diámetro menor (3), normalmente de igual espesor que el tubo de diámetro mayor (2) o que el tubo de diámetro menor (3), formando un ángulo de separación entre sus ejes y generando así, cavidades perimetrales (5) iguales o no, comprendidas por el tubo de diámetro mayor (2), el tubo de diámetro menor (3) y los elementos en disposición radial (4); además se genera una cavidad central (6) situada en el eje del cable y acotada por el tubo de diámetro menor (3).

25 Las figuras 1, 2, 3 y 4 muestran que el tubo de diámetro mayor (2), el tubo de diámetro menor (3) y, si forman parte de la composición, los elementos en disposición radial (4) que unen el tubo de diámetro mayor (2) y el tubo de diámetro menor (3) forman un todo, normalmente del mismo material, que constituye la estructura (7) del cable inteligente (1). La estructura (7) puede ser de un material polimérico de los denominados termoplásticos, por ejemplo tipo etileno-acetato de vinilo (EVA), poliéster de tereftalato de polietileno (PET), polisobutileno (PIB), polietileno de alta densidad (PEAD), poliamida (PA), poliéter-éter-cetona (PEEK), poliéter imida (PEI), poliéter sulfona (PSU), cloruro de polivinilo (PVC), poliolefina (TPO), etc.

35 La estructura (7) refuerza el cable inteligente (1) a la compresión, absorbe los choques mecánicos y proporciona una protección adicional contra las curvas excesivas. Además encierra y protege el contenido del tubo de diámetro menor (3) y de la cavidad o cavidades perimetrales (5) de posibles daños, pudiendo incluir propiedades ignífugas, en algún

elemento o algunos de los elementos que la componen o en su totalidad, para que no se inflame ni propague la llama o el fuego. Los diámetros y grosores de los componentes de la estructura (7) variarán dependiendo de la aplicación final.

5 El tubo de diámetro menor (3) es aislante, puede estar ajustado o no al contenido aunque normalmente es un tubo holgado, puede incluir un cable de fibra óptica (11), varios cables de fibras ópticas (11) sueltos, un tubo holgado (18) o varios tubos holgados (18) que contienen una o varias fibras ópticas (11), un haz (12) o varios haces de fibras ópticas (12) que normalmente se encargarán de transportar datos. Además puede incluir unas fibras de
10 relleno (21) que son fibras de aramida y/o fibras de vidrio con un diámetro que puede oscilar entre 5 a 10 micras para ajustar el contenido del tubo de diámetro menor (3) y para inhibir la migración de agua.

El tubo de diámetro mayor (2) forma la cubierta exterior del cable inteligente (1). Este tubo
15 de diámetro mayor (2) puede ser retardante de la llama si fuese necesario, incluyendo así trihidrato de aluminio, trióxido de antimonio u otros aditivos para mejorar la resistencia a la llama. Variando el espesor del tubo de diámetro mayor (2), o de la cubierta exterior, se altera la resistencia al aplastamiento, la resistencia al impacto y/o el retardo de la llama.

20 Con el fin de favorecer el corte mecánico parcial de la cubierta exterior (2) y así poder conectar fácilmente con el contenido de las cavidades perimetrales (5) con diferentes dispositivos, los arcos comprendidos entre los elementos en disposición radial (4) pueden tener un espesor inferior al tubo de diámetro menor (3) y a los elementos en disposición radial (4).

25 De manera opcional, los elementos en disposición radial (4), puede sobresalir de la cubierta del tubo de diámetro mayor (2), con el fin de identificar la situación de las cavidades perimetrales (5) desde el exterior del cable inteligente (1) y poder encarar cables o conectores y hacer el ensamblaje con efectividad (23). En la figura 16 se grafía un detalle.

30 El tubo de diámetro mayor (2) puede tener un punto de fusión menor que el tubo de diámetro menor (3), en consecuencia el tubo de diámetro menor (3) no se derrite como el tubo de diámetro mayor (2). De esta manera, aunque se produzca un deterioro por llama del tubo de diámetro mayor (2) y del contenido de las cavidades (5), el tubo de diámetro menor
35 (3) y el contenido de la cavidad central (6) no se verán afectados. Así, si el cable inteligente (1) quedara sin suministro eléctrico se podrá transmitir dicha información mediante una fibra

óptica (11) de la cavidad central (6). De tal manera, el tubo de diámetro menor (3) puede tener un punto de fusión menor que los revestimientos y recubrimientos, normalmente películas poliméricas, del cable de fibra óptica (11), de los cables de fibras ópticas (11) sueltos, del tubo holgado (18) o de los tubos holgados (18) que contienen una o varias fibras ópticas (11), del haz (12) o de los haces de fibras ópticas (12) que contiene, esto servirá para inhibir la adhesión entre el revestimiento del tubo de diámetro menor (3) y el cable de fibra óptica (11), los cables de fibras ópticas (11) sueltos, el tubo holgado (18) o los tubos holgados (18) que contienen una o varias fibras ópticas (11), el haz (12) o los haces de fibras ópticas (12).

Las cavidades perimetrales (5) generadas por el tubo de diámetro mayor (2), el tubo de diámetro menor (3) podrán incluir fibras formadas por nanomateriales de carbono, como por ejemplo fibras de nanotubos de carbono (8) o nanocintas de grafeno, que se encargarán de transportar energía eléctrica. Además, podrán incluir un cordón de apertura (22), grafiado en la figura 16, para facilitar la apertura de las cavidades perimetrales (5). Y también podrán incluir un material aglomerante que fije la posición de las fibras y evite la penetración de humedad.

En las figuras 15, 16, 17, 18 y 19, se aprecia como las cavidades perimetrales (5) de la estructura (7) del cable inteligente (1) están rellenas de fibras de nanotubos de carbono (8) que proporcionan conductividad eléctrica y aportan resistencia mecánica a tracción al cable inteligente (1). Las fibras de nanotubos de carbono (8) rodean el tubo de diámetro menor (3) con las interrupciones de los elementos en disposición radial (4).

Las figuras 8 y 9 representan un nanotubo de carbono SWNT (9) que es un tubo monocapa de átomos de carbono (10) que están estrechamente unidos en una red tridimensional. El nanotubo de carbono (9) es un material extremadamente fuerte debido a los enlaces carbono-carbono covalentes. Es deseable utilizar nanotubos de carbono (9) que estén libres de defectos, la presencia de defectos reduce la conductividad y la resistencia del nanotubo de carbono (9). La fuerza intrínseca sin defectos de un nanotubo de carbono (9) es de 42 Nm⁻¹, por lo que es uno de los materiales más fuertes conocidos. La fuerza de los nanotubos de carbono (9) es comparable a la dureza de los diamantes. Los nanotubos de carbono (9) tienen unos diámetros internos del orden de 100 nm-200 nm. Haciendo girar soluciones de nanotubos en un superácido en diferentes coagulantes se forma una fibra de nanotubo de carbono (8).

Las fibras de nanotubos de carbono (8) comprenden una pluralidad de nanotubos de carbono de una única pared (SWNT), doble pared (DWNT) y/o múltiples paredes (MWNT) densamente empaquetados y que están alineados a lo largo de la dirección axial de las fibras de nanotubos de carbono (8).

5

Los nanotubos de carbono (9) tienen unas excelentes propiedades eléctricas que dependen del transporte balístico, pero hay factores que obstaculizan estas propiedades como, defectos estructurales desarrollados en procesos de síntesis y distorsiones físicas provocadas por fuertes fuerzas mecánicas. Se han registrado experimentalmente conductividades en los nanotubos de carbono (9) de una única pared (SWNT) del orden de 10^6 S/cm y del orden de 2×10^5 S/cm para los nanotubos de carbono de múltiples paredes (MWNT), a temperatura ambiente. Estos registros son bastante superiores a la conductividad del cobre establecida en $5,80 \times 10^5$ S/cm, haciendo que los nanotubos de carbono (9) puedan sustituir a los materiales conductores tradicionales (cobre, aluminio) ya que, incluso tienen valores de conductividad superiores a la plata que está en $6,28 \times 10^5$ S/cm. Por ello, en función de la pureza y de los defectos de los nanotubos de carbono (9) se pueden establecer que los rangos de conductividad en torno a 10^5 , 10^6 y 10^7 o más, pueden ser óptimos para reemplazar a los conductores tradicionales.

10

15

20

Las fibras de nanotubos de carbono (8) puede tener diferentes diámetros en función del número de nanotubos de carbono, en el caso de una única pared (SWNT) (9) pueden ser, por ejemplo de 40 a 400 micras de diámetro, y tienen nanotubos de carbono (9) de densidades aproximadas del 50% al 100% y preferiblemente del 70% al 100% de la densidad máxima teórica de nanotubos de carbono (9).

25

También, las fibras de nanotubos de carbono (8) pueden comprender una pluralidad densa de nanotubos de carbono de doble pared (DWNT), de nanotubos de carbono de capas múltiples (MWNT), de nanocintas de grafeno, y/o de nanofibras de carbono además de, o en lugar de, los SWNTs (9). Por tanto las fibras (8) pueden estar formadas de otros nanomateriales de carbono.

30

Los recubrimientos en las fibras de nanotubos de carbono (8) pueden ser de gran importancia, pueden estar formados por yoduro de cesio (CSI), carburo de hafnio (HfC), carburo de titanio (TiC), hexaboruro lantano (LaB_6), o el nitruro de boro (BN). Otros materiales también pueden ser utilizados como revestimientos para reducir la función de trabajo y mejorar el rendimiento y la eficiencia de las fibras de nanotubos de carbono (8).

35

Los recubrimientos pueden ser aplicados por deposición por láser pulsado u otros métodos. En determinados casos, está demostrada la eficacia de las fibras de SWNT con revestimiento con respecto a las fibras de SWNT sin revestimiento, admitiendo una corriente eléctrica mayor.

Las fibras de nanotubos de carbono (8) se pueden unir con gran variedad de materiales conductores. El volumen de fibras de nanotubos de carbono (8), que contendrá la cavidad o las cavidades perimetrales (5), estará calculado para transportar los requisitos eléctricos que se requieran y definan.

La cavidad central (6) de la estructura (7) del cable inteligente (1) de la presente invención puede tener diferentes configuraciones y su diámetro dependerá de su contenido.

La figura 10 muestra diferentes composiciones del interior de la cavidad central (6) en cuanto a fibras ópticas (11) sueltas. En este caso se grafían cavidades centrales (6) con un contenido de entre 1 y 16 fibras ópticas (11).

Un cable de fibra óptica (11) es el medio físico que transporta señales de datos ópticos de una fuente de luz conectada en un extremo del cable de fibra óptica (11) a un dispositivo receptor en el otro extremo.

Un cable de fibra óptica (11) incluye un núcleo de fibra óptica (13) que es un solo filamento continuo de vidrio o de plástico basado en sílice, o de vidrio halógeno que por lo general es vidrio de sílice de alta pureza, se mide por el tamaño de su diámetro exterior (en micras), por ejemplo, puede tener un diámetro exterior aproximado a 10 μm , 50 μm o a 62,5 μm

Una primera capa es el revestimiento (14) que rodea concéntricamente el núcleo de fibra óptica (13), también está hecho de un material de plástico o vidrio basado en sílice. Este primer revestimiento (14) tiene un índice de refracción menor que el índice de refracción del núcleo de fibra óptica (13), esta diferencia entre el índice de refracción del revestimiento (14) y el índice de refracción del núcleo de fibra óptica (13) permite una señal óptica que se transmite a través de fibra óptica (11) al estar confinado al núcleo de fibra óptica (13). El revestimiento (14) puede tener, por ejemplo, un diámetro externo aproximado a 125 μm a 250 μm .

Una segunda capa es el recubrimiento (15) que rodea y es inmediatamente adyacente al revestimiento (14). Esta segunda capa tiene un índice de refracción igual o menor que el índice de refracción del revestimiento (14). El recubrimiento (15) puede tener, por ejemplo, un diámetro externo aproximado a 250 μm , 500 μm ó 900 μm (generalmente está en el intervalo de 0,7 a 1 mm y puede alcanzar 1,2 mm). El recubrimiento (15) puede ser, por ejemplo, un polímero termoplástico (preferiblemente es un material compuesto en base a fibras de polímero reforzado).

Las figuras 7, 8 y 9 muestran tres fibras ópticas (11) proporcionadas, con variaciones en el tamaño del núcleo, siendo este de tres tamaños diferentes, de 9 μm , 50 μm y a 62,5 μm , un revestimiento de 125 μm y una segunda capa de 250 μm .

En la figura 16 se muestra que la fibra óptica (11) puede tener una tercera capa de protección (16) que la complete de manera alternativa u opcional con respecto al recubrimiento (15), pudiendo ser un tubo holgado. Esta tercera capa de protección (16) está formada, normalmente, por un compuesto de polímero termoplástico. Además, la capa de protección (16) puede estar formada por un material anti-adhesivo a fin de permitir un deslizamiento en el tubo de diámetro menor. El material anti-adhesivo puede ser, por ejemplo, una poliamida (PA), poliéster (PES), poliéter sulfona (PSU), poliéter cetona (PEK) o material poliéter imida (PEI).

La figura 11 muestra diferentes configuraciones de tubos holgados (18) que contienen entre 3 y 16 tubos holgados (18). Y la figura 12 muestra diferentes configuraciones del interior de los tubos holgados (18) en cuanto a fibras ópticas (11), pudiendo contener entre 1 y 16 fibras ópticas (11) ó más. Los tubos holgados (18) están compuestos, normalmente, por un polímero termoplástico.

Un haz de fibras ópticas (12) puede contener, a modo de ejemplo, entre 3 y 16 fibras ópticas. Cada haz de fibras ópticas (12) incluye un elemento aglutinante (17) que rodea las fibras ópticas para mantenerlas unidas en el haz, puede ser un hilo de aglutinante o de unión, una capa delgada como una cinta o una película polimérica, o similar que rodea las fibras ópticas (11). La aglutinación mantiene la forma y el diámetro del haz de fibras ópticas (12) e inhibe que se enreden con elementos de relleno o refuerzo (21).

La película de polímero es en general bastante delgada, aproximadamente está entre 1 y 10 milésima de pulgada, está formada de poliéster, tal como tereftalato de polietileno, que tiene

un espesor de aproximadamente 1 mm, puede ser una película MYLAR® y tener diferentes colores para identificar diferentes paquetes de haces (12).

A modo de ejemplo, el hilo aglutinante (17) puede ser un hilo sintético formado por poliéster, rayón, nylon o similares, que es resistente o impermeable a la descomposición bacteriana que crearía hidrógeno causando aumentos indeseables en la atenuación de las señales transmitidas a través de fibras ópticas (11).

El hilo de aglutinante puede estar pre-encogido, tiene aproximadamente entre 2 y 6 giros por pulgada, preferiblemente unas 4 vueltas por pulgada, normalmente abraza a un haz de fibras ópticas (12) de manera helicoidal con un paso de entre 10 mm y 70 mm, preferiblemente alrededor de 50 mm, para facilitar la fabricación del haz de las fibras ópticas (12).

Puede estar formado por un par de hilos aglutinantes, un hilo lanzadera y un hilo de aguja, que pasan alternativamente hacia atrás y adelante sobre la parte superior del haz de fibras ópticas (12), mientras que el otro hilo pasa alternativamente hacia atrás y adelante debajo de la parte inferior del haz de fibras ópticas (12). A veces se denomina un aglutinante de zigzag.

El hilo aglutinante de una realización ventajosa incluye un acabado de emulsión de cera de silicona que facilita el proceso del enroscado del hilo aglutinante. El enroscado del hilo aglutinante también puede estar diseñado para incluir un polímero super-absorbente con el fin de reducir o prevenir la migración de agua a través del cable de fibra óptica (11).

El hilo aglutinante puede incluir una marca de identificación o un color, con el fin de diferenciar y distinguir un haz de fibras ópticas (12) de otro.

La figura 13 muestra diferentes configuraciones de haces de fibras ópticas (12) que contienen entre 3 y 16 fibras ópticas. Y la figura 14 muestra diferentes configuraciones del interior de la cavidad central (6) en cuanto a grupos de haces de fibras ópticas (12). Por ejemplo, la cavidad central (6) puede contener tres haces (12) de doce fibras ópticas (11) para un cable con un total de 36 fibras ópticas (11); el interior de la cavidad central (6) puede contener seis haces (12) de doce fibras ópticas (12) para un cable con un total de 72 fibras ópticas (11); el interior de la cavidad central (6) puede contener doce haces (12) de doce fibras ópticas (11) para un cable con un total de 144 fibras ópticas (11); por ejemplo, la

composición puede estar formada por una primera capa que tiene tres haces (12) helicoidalmente trenzados, una segunda capa que tiene nueve haces (12) enroscados contra-helicoidalmente alrededor de la primera capa y elementos de relleno o refuerzo (21) helicoidalmente enroscados alrededor de la segunda capa. Incluyendo más haces de fibras ópticas (12), el cable inteligente (1) puede tener un número aún mayor de fibras ópticas (11), tales como 256 fibras ópticas (11) ó más.

En otras configuraciones, los haces (12) puede estar enroscados o trenzados alrededor de un miembro central (19) que puede ser un haz (12) o un elemento de relleno (21), por ejemplo, hilos de aramida, un plástico reforzado con vidrio, o de hilos de fibra de vidrio. Además, una varilla de relleno (20), u otro elemento de relleno pasivo (20) adecuado, puede ser utilizado en lugar de un haz de fibras ópticas (12) para formar el cable de fibras ópticas (11). Así, el contenido de la cavidad central (6) puede contener de 1 a 256 fibras ópticas (11) como formas más comunes.

Alrededor del cable de fibra óptica (11), de los cables de fibras ópticas (11), del tubo holgado (18) o de los tubos holgados (18) que contienen una o varias fibras ópticas (11), del haz (12) o de los haces de fibras ópticas (12), puede o pueden tener una capa de separación con el tubo de diámetro menor (3) formada por elementos de relleno o refuerzo (21) tal como una hilos de aramida, o hilos de fibra de vidrio, una cinta de bloqueo de agua. Los elementos de relleno o refuerzo (21) proporciona resistencia a la tracción de cable de fibra óptica (11) y pueden ser hilos de aramida tal como Kevlar®, Zylon®, Vectran®, Technora®, o Spectra®. La capa de separación se puede formar de otros materiales, no poliméricos, como una cinta hinchable en agua con el fin de aumentar la resistencia al agua de cable de fibra óptica (11). Así y todo, la resistencia a tracción de las fibras de nanotubos de carbono (8) hace que en la mayoría de los casos no sean necesarios estos elementos de refuerzo (21) dando más valor a la invención.

Suprimiendo la capa de protección ajustada alrededor de los haces de fibras ópticas (12), el diámetro del cable inteligente (1) se puede reducir ventajosamente. Por ejemplo, un contenido de 144 de fibras ópticas (11) tiene un diámetro de aproximadamente 10 mm o menos. Configuraciones que incluyen haces de fibras ópticas (12) con una capa de protección ajustada generalmente aumentan el diámetro del cable con una disminución correspondiente en la densidad de fibra óptica (11). Así, un contenido de 144 de fibras ópticas (11) después de tener una protección ajustada en las fibras ópticas (11) tiene un diámetro de aproximadamente 20 mm o menos, mientras que una construcción

convencional tiene un diámetro de aproximadamente 30 mm.

Para ayudar a la identificación de las fibras ópticas (11) de cada haz (12) pueden tener diferentes colores.

5

El cable de fibra óptica (11) y los tubos holgados (18) también puede incluir un cordón de apertura opcional para facilitar la retirada de la cubierta del cable.

10

Los cables de fibra óptica (11) de la presente invención pueden incluir lubricantes que permitan que los haces de fibras ópticas (12) y/o las fibras ópticas (11) se muevan uno respecto al otro, por ejemplo, durante el curvado para mejorar el rendimiento óptico.

Aplicando los detalles descritos anteriormente se establecen realizaciones significativas en las figuras 15, 16, 17, 18 y 19.

15

La figura 15 muestra una realización de la presente invención, donde el cable inteligente (1) está compuesto por fibras de nanotubos de carbono (8), en tres cavidades perimetrales (5) iguales, y por un cable de fibra óptica (11) en la cavidad central (6).

20

La figura 16 detalla otra realización de la presente invención, donde el cable inteligente (1) está compuesto por fibras de nanotubos de carbono (8), en dos cavidades perimetrales (5) iguales, y por un cable de fibra óptica (11) con una tercera capa de protección que es un tubo holgado, en la cavidad central (6).

25

La figura 17 detalla otra realización de la presente invención, donde el cable inteligente (1) está compuesto por fibras de nanotubos de carbono (8), en tres cavidades perimetrales (5) iguales, y por ocho cables de fibra óptica (11) en la cavidad central (6).

30

La figura 18 muestra otra realización de la presente invención, donde el cable inteligente (1) está compuesto por fibras de nanotubos de carbono (8), en tres cavidades perimetrales (5) iguales, y por siete tubos holgados que contienen ocho fibras ópticas (11) cada uno en la cavidad central (6).

35

Finalmente la figura 19 representa otra realización de la presente invención, donde el cable inteligente (1) está compuesto por fibras de nanotubos de carbono (8), en tres cavidades perimetrales (5) iguales, y por quince haces de fibras ópticas (12) que contienen siete fibras

ópticas (11) cada uno en la cavidad central (6).

La instalación de cables inteligentes (1), según la invención, es tan simple como la instalación de cables eléctricos y se puede realizar rápidamente por un solo técnico en interiores. Las características y ventajas del cable inteligente (1) lo hacen especialmente adecuado para uso de cableado doméstico, salas técnicas, cableado vertical los edificios, canalizaciones o postes.

Según la invención, algunas de las ventajas destacables del cable inteligente (1) son: la flexibilidad, haciendo posible cualquier tipo de instalación, de hecho el elemento más rígido es la estructura (7) que al tener un diámetro reducido, y por principios mecánicos, el efecto de la rigidez se reduce al mínimo; la resistencia a la compresión, la estructura (7) además de las propiedades en función del material que la forma, tiene una morfología que hace que el cable resista a la compresión por encima de los cables convencionales; la ligereza, los nanotubos de carbono pesan unas seis veces menos que el cobre, por lo que tenemos un cable conductor de energía eléctrica muy liviano; la resistencia a tracción, resiste fuerzas de tracción sin dañar la flexibilidad del cable, los nanotubos de carbono tienen como una de sus características importantes una gran resistencia a tracción aportándosela al cable inteligente; es compacto, pudiendo transportar cualquier tipo de energía, AC/DC y datos, sin ningún elemento adicional. El cable inteligente es un cable transmisor de datos, autoalimentado eléctricamente y transportador de energía.

Esta descripción de la invención se ha realizado para explicar mejor sus principios y sus aplicaciones prácticas y no pretende ser exhaustiva o limitar la divulgación a los sistemas, métodos y formas descritas en este documento, permitiendo así que otros expertos en la materia puedan realizar y utilizar la invención en sus diversas formas y con sus diversas modificaciones adecuadas a los usos, aplicaciones, variantes y características particulares contempladas, sin apartarse del espíritu y alcance de la invención y de las reivindicaciones siguientes.

REIVINDICACIONES

1. Cable inteligente (1) de fibras de nanotubos de carbono (8) y fibras ópticas (11) que comprende:

5

- Una estructura polimérica (7), aislante, flexible y resistente a la compresión. Formada por dos tubos, uno de diámetro mayor (2) y otro de diámetro menor (3), concéntricos y separados, que constituyen dos cavidades:

10

- una perimetral (5), ubicada entre el tubo de diámetro mayor (2) y el tubo de diámetro menor (3). Puede estar dividida en partes por elementos poliméricos (4) de la misma naturaleza que los tubos, a los que unen y fijan. Estos elementos (4) tienen una disposición radial con respecto al eje del cable, un espesor similar a los tubos, se extienden de manera continua en toda la longitud del cable y forman cavidades perimetrales (5) independientes.

15

- una central (6), en el interior del tubo de diámetro menor (3);

20

- La cavidad o cavidades perimetrales (5) que están ocupadas por fibras (8) formadas por nanotubos de carbono (9) o por nanomateriales derivados del carbono o del grafeno. Estas fibras (8) están densamente empaquetadas, se extienden a lo largo de la longitud del cable (1) y quedan recubiertas por los dos tubos de la estructura polimérica (7) de manera homogénea. Funcionan como conductor eléctrico y aportan al cable resistencia a tracción.

25

- La cavidad central (6) que está ocupada por una fibra óptica (11), varias fibras ópticas (11) sueltas, un tubo holgado (18) o varios tubos holgados (18) que contienen una o varias fibras ópticas (11), un haz (12) o varios haces (12) de fibras ópticas (11). Funciona como transmisor de datos.

30

Cada fibra óptica (11) incluye:

35

- un núcleo de fibra óptica (13) formado por un filamento continuo de vidrio o plástico basado en sílice o halógeno de alta pureza con un diámetro exterior menor a 100 micras.
- un revestimiento (14) que envuelve el núcleo (13) de un material de plástico o de vidrio basado en sílice o halógeno. Este revestimiento (14) tiene un índice de

refracción menor que el del núcleo (13) permitiendo que una señal óptica se transmita por el núcleo (13) con un diámetro exterior menor a 300 micras

- un recubrimiento (15) polimérico que rodea al revestimiento (14) de manera ajustada u holgada con un índice de refracción igual o menor que el del revestimiento (14) con un diámetro exterior menor a 1 milímetro.

El tubo holgado (18) o los tubos holgados (18) están formados por un polímero termoplástico y contienen una o varias fibras ópticas (11) en su interior.

El haz (12) o haces (12) de fibras ópticas (11). comprende una pluralidad de fibras ópticas (11) y un elemento aglutinante (17). El elemento aglutinante (17) es un hilo aglutinante o de unión, un hilo de ligadura, una película delgada o una carcasa suave, que rodean y mantiene la disposición, la forma y el diámetro de la pluralidad de fibras ópticas (11) en dicho haz (12) o haces (12).

2. El cable inteligente (1) de la reivindicación 1, caracterizado porque la cavidad perimetral (5) está dividida, por dos elementos poliméricos (4) separados por un ángulo de 180°, en dos partes. De esta manera las fibras de nanotubos de carbono (8) quedan separadas y aisladas en dos grupos iguales e independientes.

3. El cable inteligente (1) de la reivindicación 1, caracterizado porque la cavidad perimetral (5) está dividida, por tres elementos poliméricos (4) separados por un ángulo de 120°, en tres partes. De esta manera las fibras de nanotubos de carbono (8) quedan separadas y aisladas en tres grupos iguales e independientes.

4. El cable inteligente (1) de la reivindicación 1, caracterizado porque la cavidad perimetral (5) está dividida, por cuatro elementos poliméricos (4) separados por un ángulo de 90°, en cuatro partes. De esta manera las fibras de nanotubos de carbono (8) quedan separadas y aisladas en cuatro grupos iguales e independientes.

5. El cable inteligente (1) de la reivindicación 1, caracterizado porque la cavidad perimetral (5) está dividida, por dos o más elementos poliméricos (4) separados por un ángulo igual o diferente, en varias partes. De esta manera las fibras de nanotubos de carbono (8) quedan separadas y aisladas en dos o más grupos independientes.

6. El cable inteligente (1) de la reivindicación 1, donde el tubo externo (2), es decir el tubo de

diámetro mayor (2) de la estructura polimérica (7), tiene un cordón longitudinal del mismo material, integrado, formando un todo con la estructura (7) y sobresaliendo de la superficie del tubo (2) a modo de prolongación de uno de los elementos poliméricos en disposición radial (4), con el fin de ubicar cada cavidad perimetral (5) para realizar con precisión empalmes y conexiones.

7. El cable inteligente (1) de la reivindicación 1, donde al menos un elemento de los que conforman la estructura polimérica (7), incluye aditivos en su composición que mejoran la resistencia a la llama.

8. El cable inteligente (1) de la reivindicación 1, donde el tubo externo (2), es decir el tubo de diámetro mayor (2) de la estructura polimérica (7), está envuelto por una vaina ignífuga o por un recubrimiento ignífugo.

9. El cable inteligente (1) de la reivindicación 1, donde el tubo interno (3), es decir el tubo de diámetro menor (3) de la estructura polimérica (7), está envuelto por una vaina ignífuga o un recubrimiento ignífugo.

10. El cable inteligente (1) de la reivindicación 1, donde la cavidad o cavidades perimetrales (5) y central (6) de la estructura polimérica (7), tienen un recubrimiento ignífugo.

11. El cable inteligente (1) de la reivindicación 1, donde la estructura polimérica (7) es ignífuga.

12. El cable inteligente (1) de la reivindicación 1, caracterizado porque las fibras de nanotubos de carbono (8) que rellenan la cavidad o cavidades perimetrales (5) incluyen un material aglomerante que fija la posición de estas (8) y evita la penetración de humedad.

13. El cable inteligente (1) de la reivindicación 1, caracterizado porque las fibras de nanotubos de carbono (8) que rellenan la cavidad o cavidades perimetrales (5) tienen un recubrimiento para mejorar el rendimiento y la eficiencia, admitiendo una corriente eléctrica mayor.

14. El cable inteligente (1) de la reivindicación 1, caracterizado porque las fibras de nanotubos de carbono (8) que rellenan la cavidad o cavidades perimetrales (5) son de 10 a 4000 micrómetros de diámetro y una densidad de 50-100%.

15. El cable inteligente (1) de la reivindicación 1, caracterizado porque cada cavidad perimetral (5) además de contener las fibras de nanotubos de carbono (8), incluye un hilo o cordón de apertura (22).

5

16. El cable inteligente (1) de la reivindicación 1, caracterizado porque los nanotubos de carbono (9) de las fibras de nanotubos de carbono (8) que rellenan la cavidad o cavidades perimetrales (5) están formados por una sola pared (SWNT).

10 17. El cable inteligente (1) de la reivindicación 1, caracterizado porque los nanotubos de carbono (9) de las fibras de nanotubos de carbono (8) que rellenan la cavidad o cavidades perimetrales (5) están formados por doble pared (DWNT).

15 18. El cable inteligente (1) de la reivindicación 1, caracterizado porque los nanotubos de carbono (9) de las fibras de nanotubos de carbono (8) que rellenan la cavidad o cavidades perimetrales (5) están formados por múltiples paredes de carbono (MWNT).

20 19. El cable inteligente (1) de la reivindicación 1, caracterizado porque los nanotubos de carbono (9) de las fibras de nanotubos de carbono (8) que rellenan la cavidad o cavidades perimetrales (5) tienen al menos una conductividad eléctrica de 10^4 S/cm.

25 20. El cable inteligente (1) de la reivindicación 1, caracterizado porque los nanotubos de carbono (9) de las fibras de nanotubos de carbono (8) que rellenan la cavidad o cavidades perimetrales (5) tienen al menos una conductividad eléctrica de 10^5 S/cm.

21. El cable inteligente (1) de la reivindicación 1, caracterizado porque los nanotubos de carbono (9) de las fibras de nanotubos de carbono (8) que rellenan la cavidad o cavidades perimetrales (5) tienen al menos una conductividad eléctrica de 10^6 S/cm.

30 22. El cable inteligente (1) de la reivindicación 1, caracterizado porque cada fibra óptica (11) del contenido de la cavidad central (6) contiene además una tercera capa polimérica (16) de protección que envuelve al recubrimiento (15), de manera holgada o ajustada, con un diámetro exterior menor a 2 milímetros.

35 23. El cable de la reivindicación 24, donde la capa polimérica (16) está formada por un material anti-adhesivo para permitir el deslizamiento por el interior del tubo de diámetro

menor (3) de la estructura polimérica (7).

24. El cable inteligente (1) de la reivindicación 1, caracterizado porque el contenido de la cavidad central (6) está formado por al menos un haz de fibras ópticas (12), donde el elemento aglutinante (17) está compuesto por un hilo de la lanzadera y un hilo de la aguja que cooperan para rodear y mantener la disposición, forma y diámetro de la pluralidad de fibras ópticas (11) de cada haz (12).

25. El cable inteligente (1) de la reivindicación 1, caracterizado porque el contenido de la cavidad central (6) está formado por al menos un haz de fibras ópticas (12), donde el hilo aglutinante incluye un acabado de emulsión de cera de silicona que facilita el enroscado a la pluralidad de fibras (11) de cada haz (12).

26. El cable inteligente (1) de la reivindicación 1, caracterizado porque el contenido de la cavidad central (6) está formado por al menos un haz de fibras ópticas (12), donde el hilo aglutinante incluye un polímero absorbente que evita la circulación del agua a través de la cavidad central (6).

27. El cable inteligente (1) de la reivindicación 1, caracterizado porque el contenido de la cavidad central (6) está formado por al menos un haz de fibras ópticas (12), donde el elemento aglutinante (17) es una película de polímero muy delgada.

28. El cable inteligente (1) de la reivindicación 1, caracterizado porque el contenido de la cavidad central (6) está formado por al menos un haz de fibras ópticas (12), donde el elemento aglutinante (17) incluye una grasa, o una composición similar a la grasa, que está en contacto con dicho haz o haces (12) para llenar los intersticios de la cavidad (6), evitando así que el agua fluya a través de ella (6).

29. El cable inteligente (1) de la reivindicación 1, caracterizado porque el contenido de la cavidad central (6) está compuesto por 1 a 16 tubos holgados (18) donde cada uno de estos tubos holgados (18) contiene de 1 a 16 fibras ópticas (11).

30. El cable inteligente (1) de la reivindicación 1, caracterizado porque el contenido de la cavidad central (6) está compuesto por más de 16 tubos holgados (18) donde cada uno de estos tubos holgados (18) contiene más de 16 fibras ópticas (11) o más.

31. El cable inteligente (1) de la reivindicación 1, caracterizado porque el contenido de la cavidad central (6) está compuesto por 1 a 16 haces (12) donde cada uno de estos haces (12) está formado por 1 a 16 fibras ópticas (11).
- 5 32. El cable inteligente (1) de la reivindicación 1, caracterizado porque el contenido de la cavidad central (6) está compuesto por más de 16 haces (12) donde cada uno de estos haces (12) está formado por 1 a 16 de fibras ópticas (11) o más.
- 10 33. El cable inteligente (1) de la reivindicación 1, caracterizado porque el contenido de la cavidad central (6) está formado por al menos un tubo holgado (18) con un contenido de al menos una fibra óptica (11), donde el tubo holgado (18) o tubos holgados (18) rodean a un miembro central (19) o elemento central de relleno (19).
- 15 34. El cable inteligente (1) de la reivindicación 1, caracterizado porque el contenido de la cavidad central (6) está formado por al menos un haz de fibras ópticas (12), donde el haz o haces (12) están enroscados alrededor de un miembro central (19) o elemento central de relleno (19).
- 20 35. El cable inteligente (1) de la reivindicación 1, caracterizado porque el contenido de la cavidad central (6) está formado por al menos un tubo holgado (18) con un contenido de al menos una fibra óptica (11) y al menos un elemento pasivo (20) o de relleno que sustituye a uno o varios tubos holgados (18).
- 25 36. El cable inteligente (1) de la reivindicación 1, caracterizado porque el contenido de la cavidad central (6) está formado por al menos un haz de fibras ópticas (12) y al menos un elemento pasivo (20) o de relleno que sustituye a uno o varios haces de fibras ópticas (12).
- 30 37. El cable inteligente (1) de la reivindicación 1, caracterizado porque el contenido de la cavidad central (6) está formado por al menos un tubo holgado (18) con un contenido de al menos una fibra óptica (11), que incluye una capa de blindaje o separación, entre el tubo de diámetro menor (3) y el tubo holgado (18) o tubos holgados (18), formada por elementos de relleno o refuerzo (21) para ajustar el contenido del tubo de diámetro menor (3) y evitar el paso del agua.
- 35 38. El cable inteligente (1) de la reivindicación 1, caracterizado porque el contenido de la cavidad central (6) está formado por al menos un haz de fibras ópticas (12), que incluye una

capa de blindaje o separación, entre el tubo de diámetro menor (3) y el haz o haces (12), formada por elementos de relleno o refuerzo (21) para ajustar el contenido del tubo de diámetro menor (3) y evitar el paso del agua.

- 5 39. El cable inteligente (1) de la reivindicación 1, caracterizado porque el contenido de la cavidad central (6) está formado por al menos un tubo holgado (18) con un contenido de al menos una fibra óptica (11), donde cada tubo holgado (18) incluye un hilo o cordón de apertura.
- 10 40. El cable inteligente (1) de la reivindicación 1, caracterizado porque el contenido de la cavidad central (6) incluye un hilo o cordón de apertura en el interior para facilitar su apertura.
- 15 41. El cable inteligente (1) de la reivindicación 1, caracterizado porque el contenido de la cavidad central (6) está formado por al menos un tubo holgado (18) con un contenido de al menos una fibra óptica (11), que incluye lubricantes que permiten el movimiento de las fibras ópticas (11) en el interior de los tubos holgados (18) o en el interior de la cavidad central (6).
- 20 42. El cable inteligente (1) de la reivindicación 1, caracterizado porque el contenido de la cavidad central (6) está formado por al menos un haz de fibras ópticas (12), que incluye lubricantes que permiten el movimiento de las fibras ópticas (11) en el interior de los haces (12) o en el interior de la cavidad central (6).

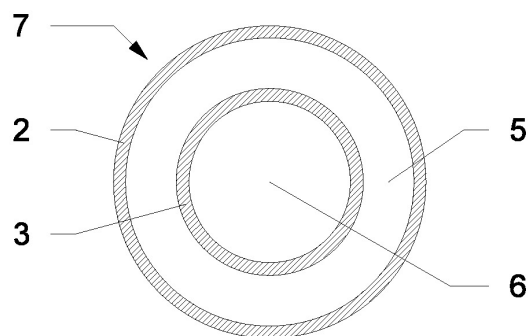


FIG. 1

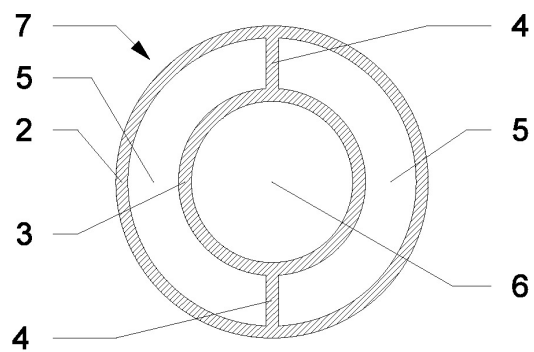


FIG. 2

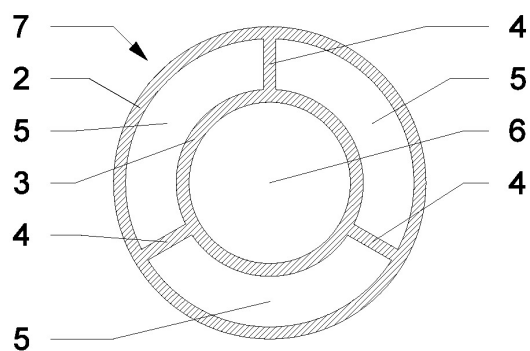


FIG. 3

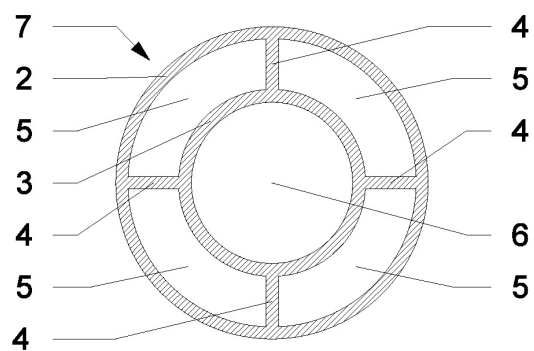


FIG. 4

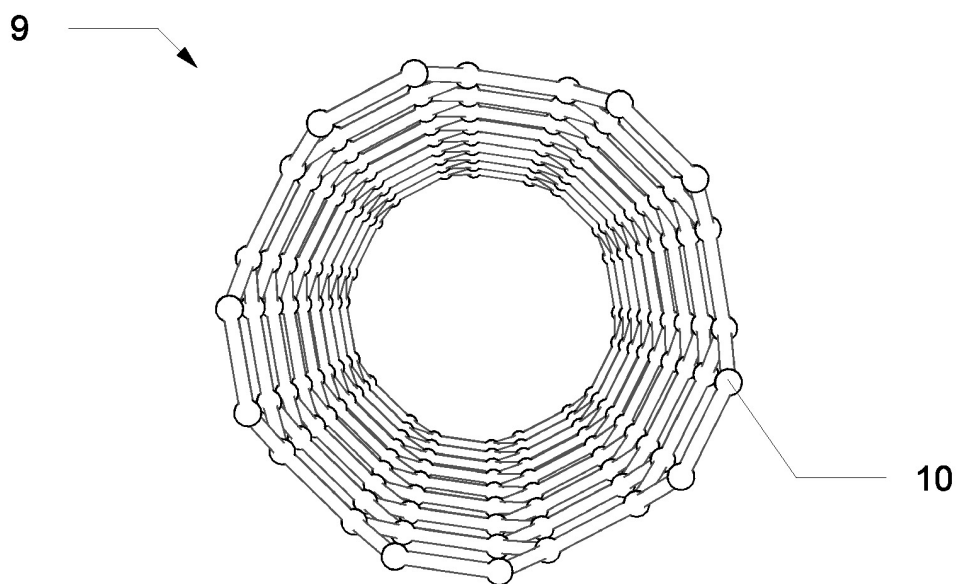


FIG. 5

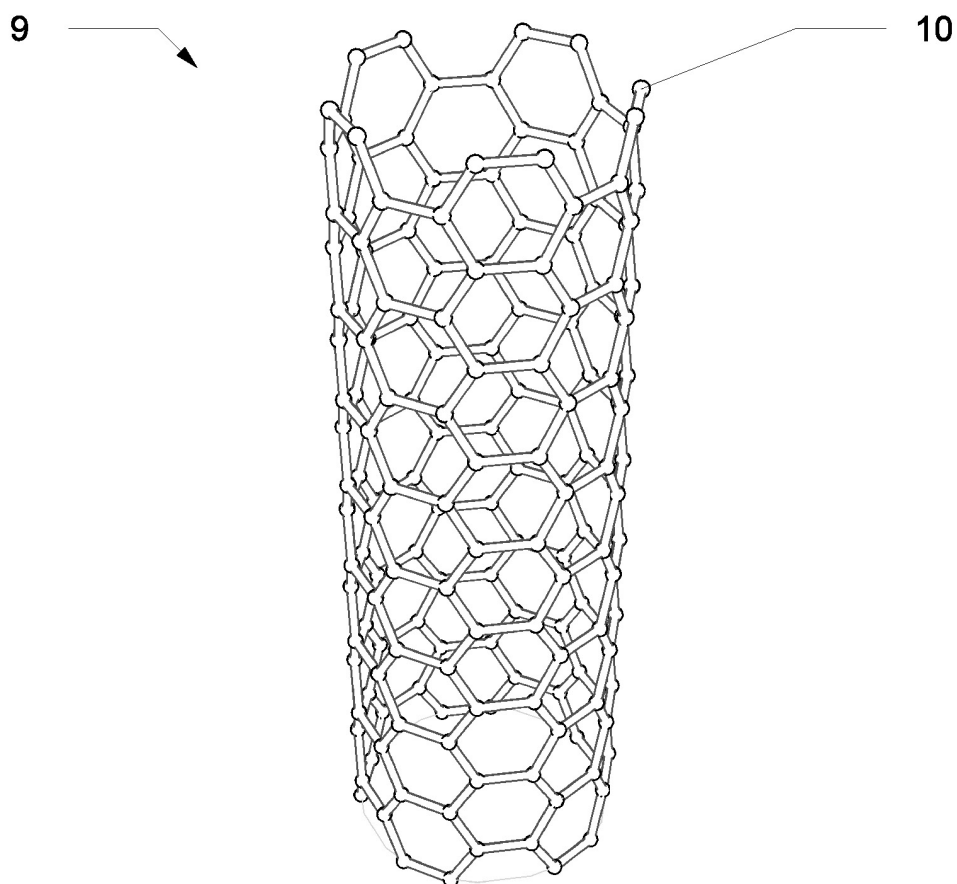


FIG. 6

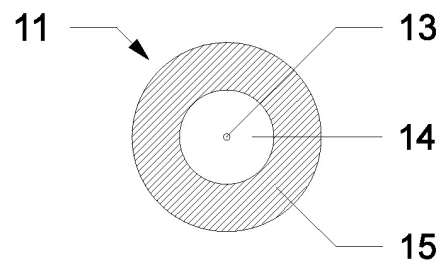


FIG. 7

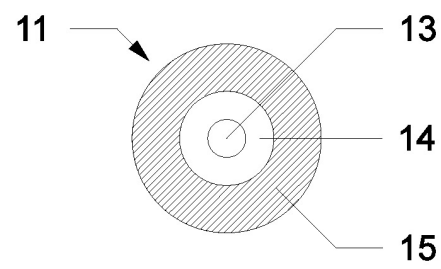


FIG. 8

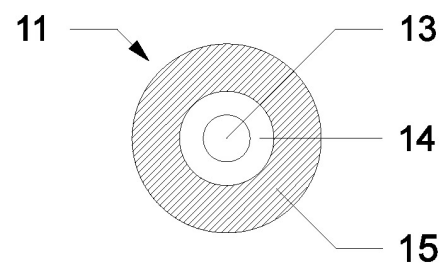


FIG. 9

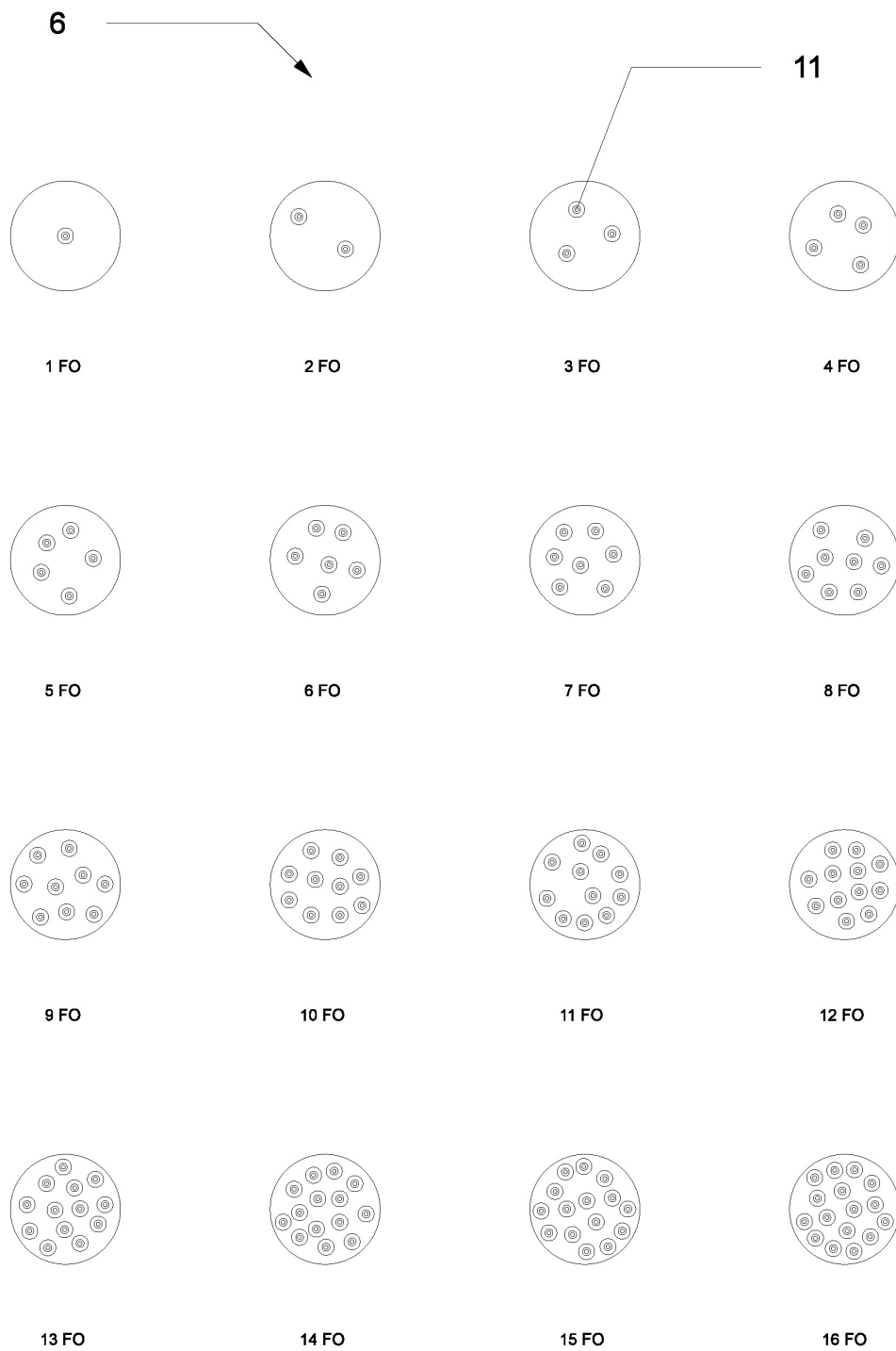


FIG. 10

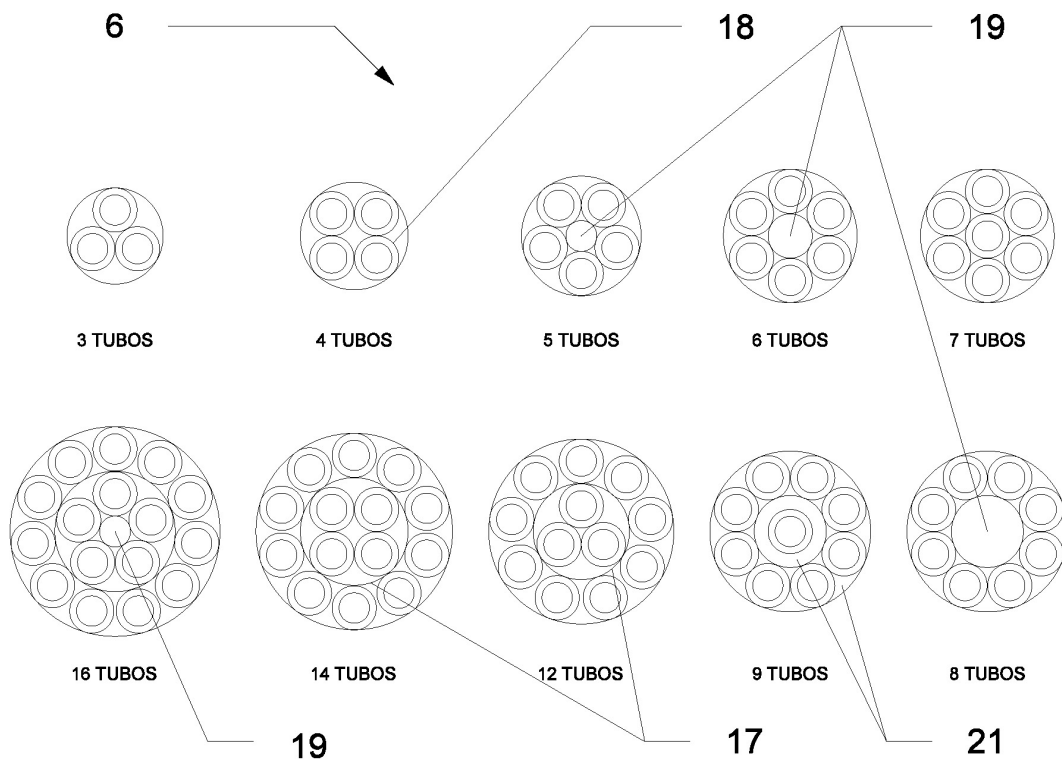


FIG. 11

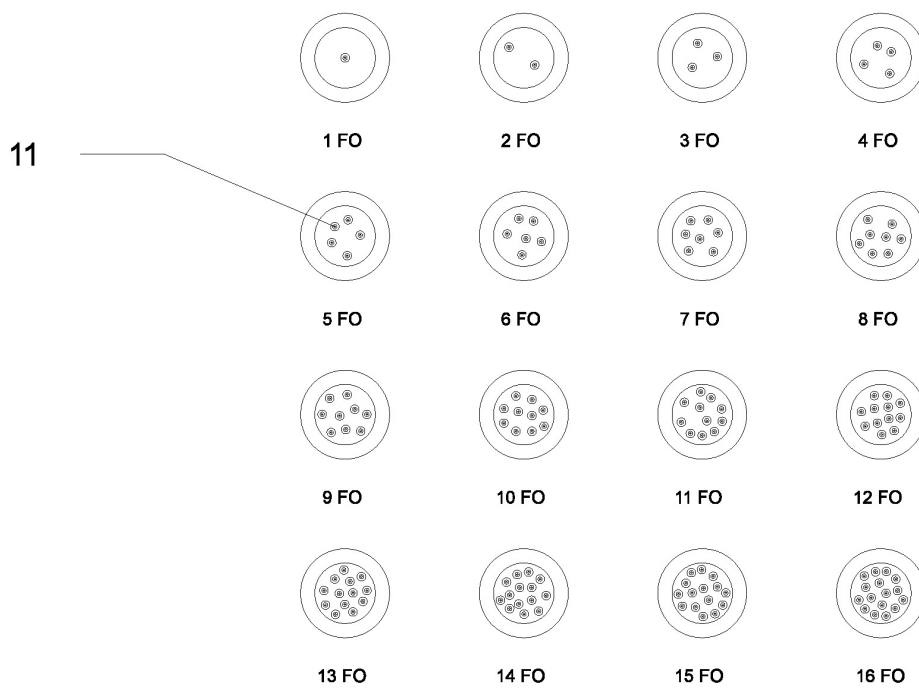


FIG. 12

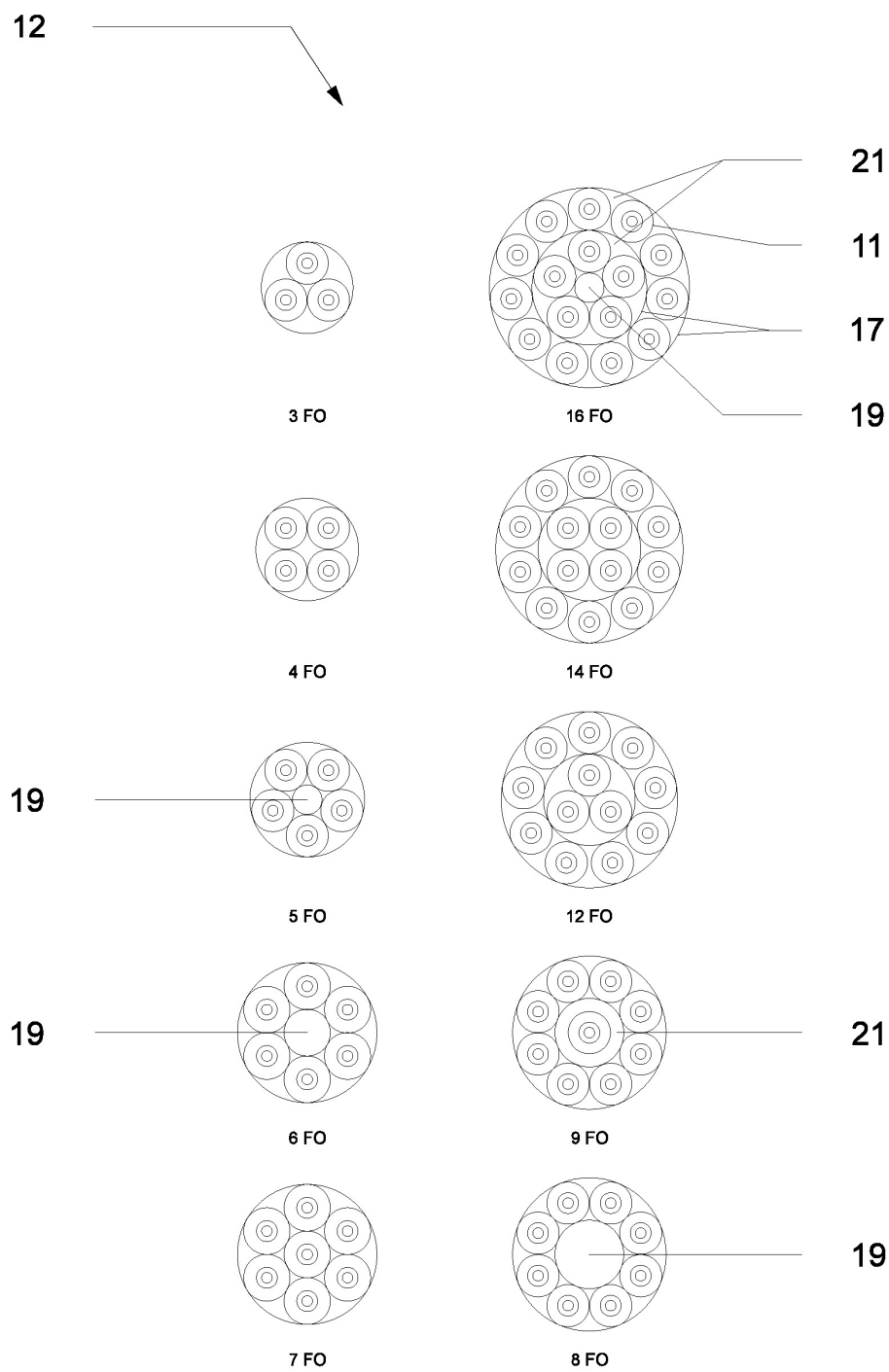


FIG. 13

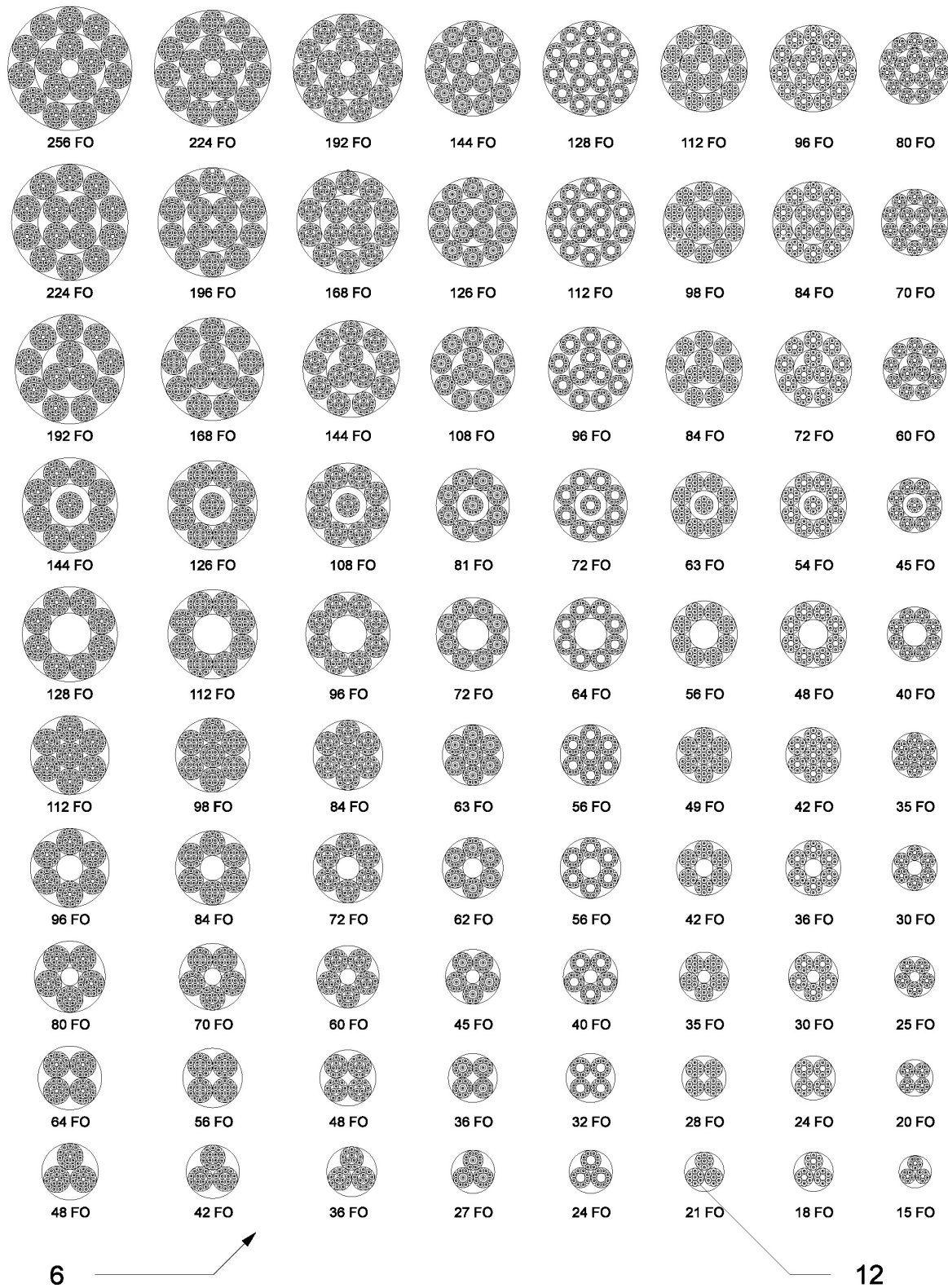


FIG. 14

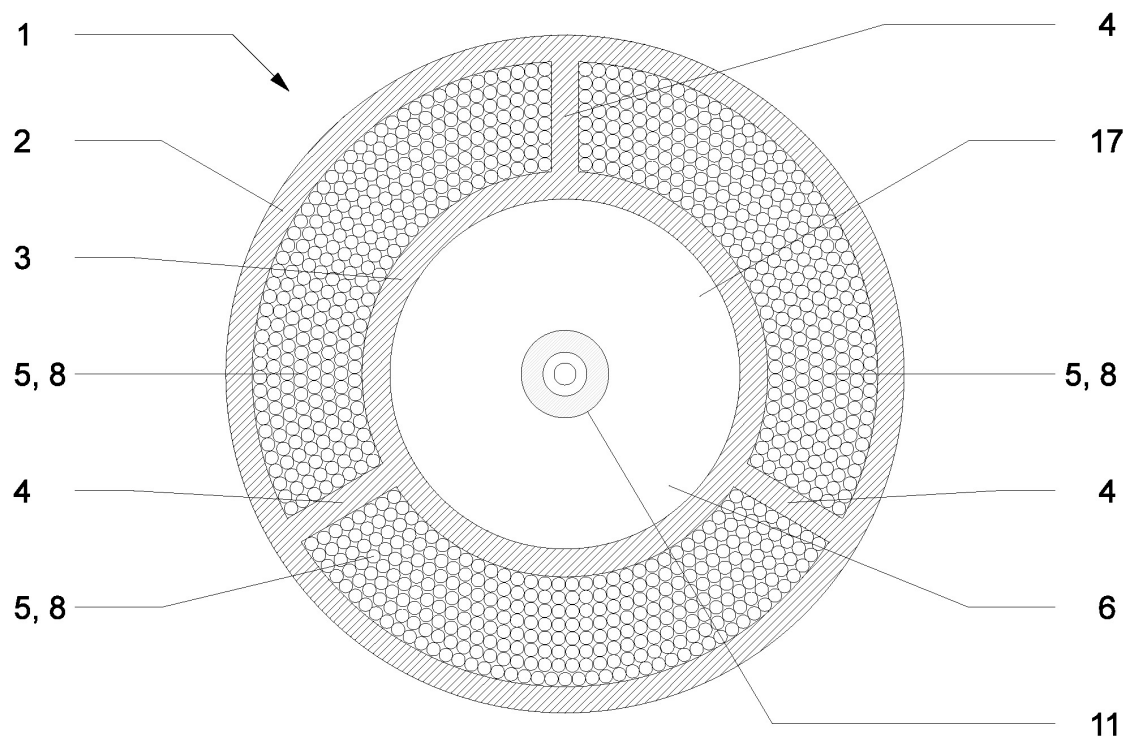


FIG. 15

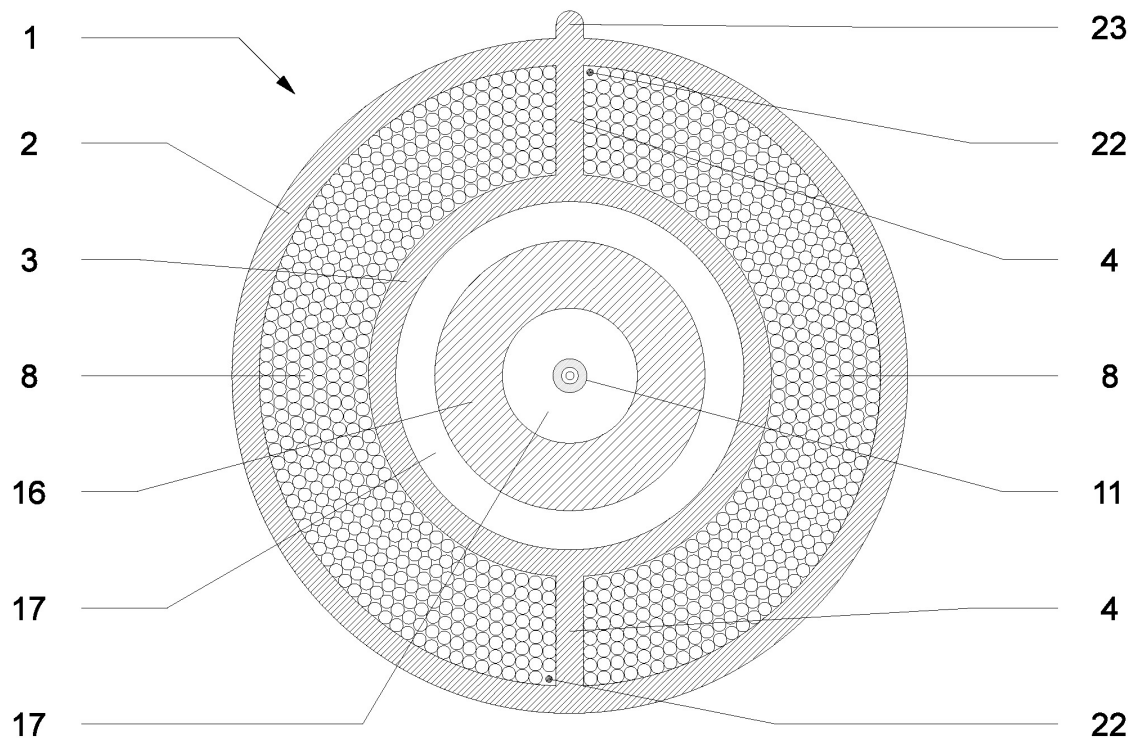


FIG. 16

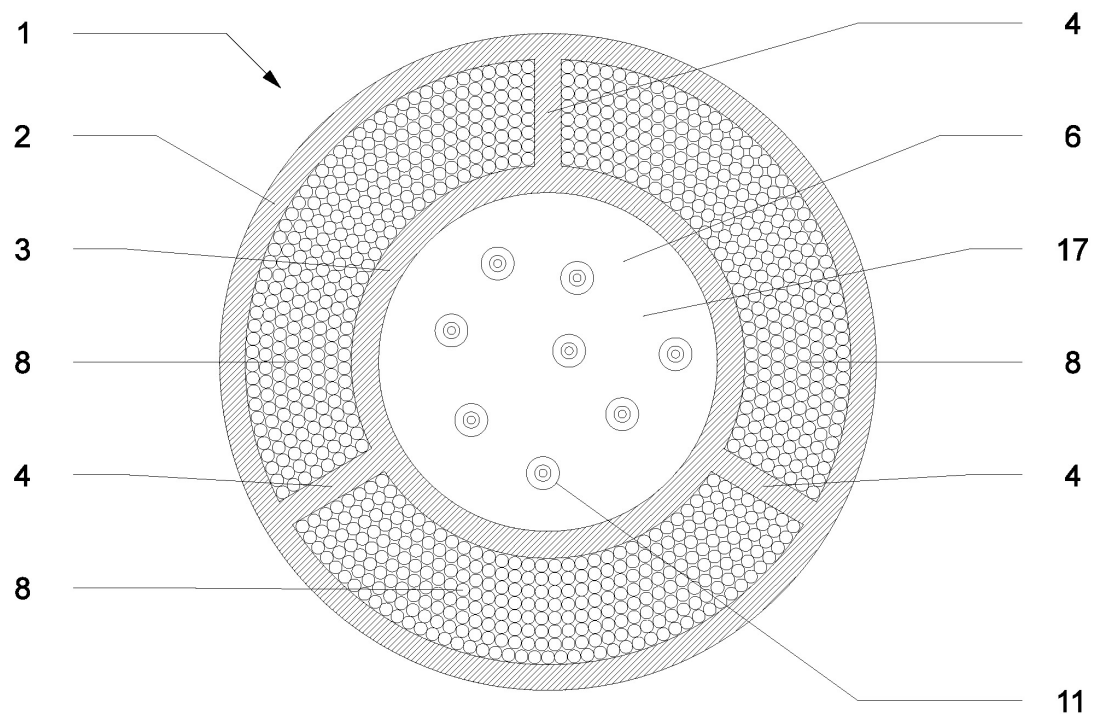


FIG. 17

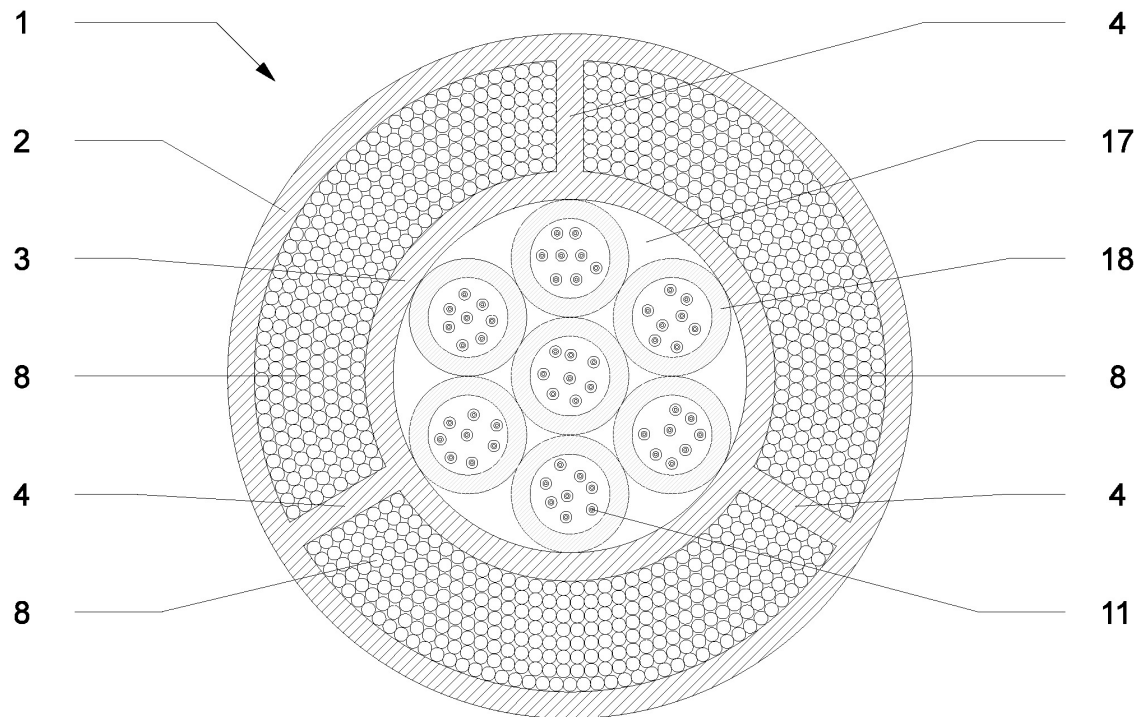


FIG. 18

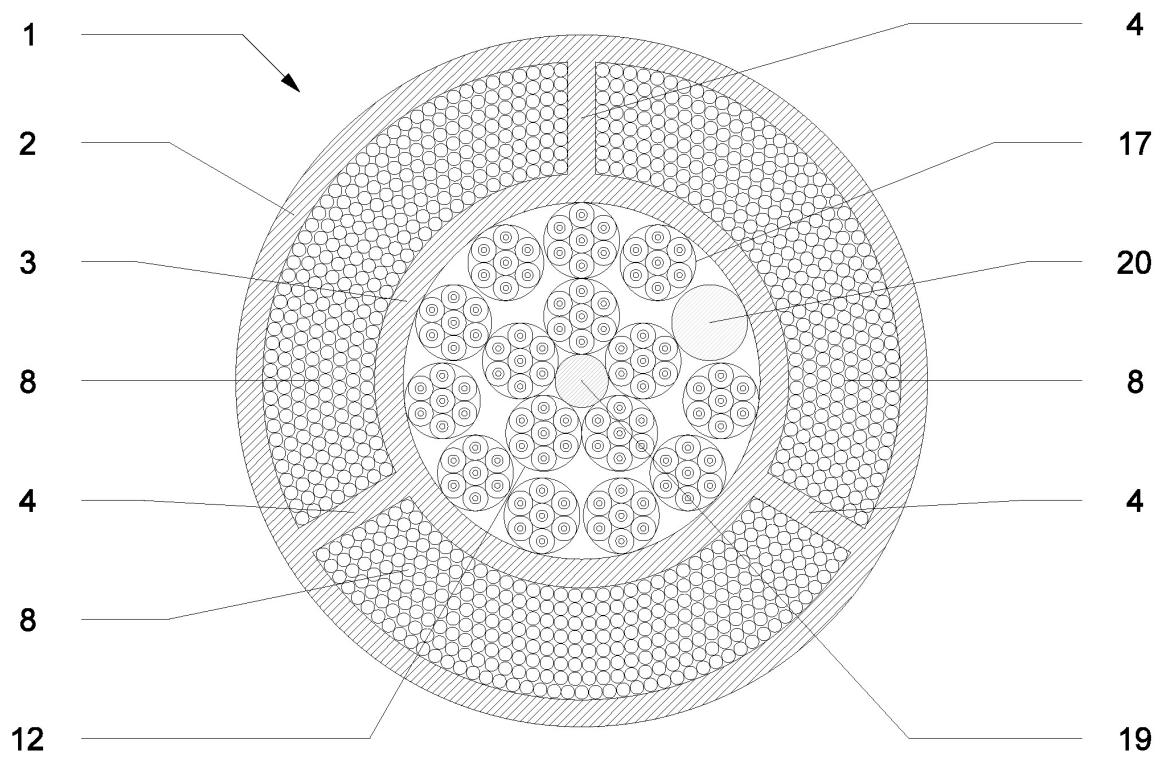


FIG. 19