

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 728 458**

51 Int. Cl.:

G02B 6/38 (2006.01)

G02B 6/44 (2006.01)

G02B 6/42 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.02.2013 PCT/US2013/026993**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.08.2013 WO13126488**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.02.2013 E 13721568 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.03.2019 EP 2817667**

54 Título: **Estructuras y método para gestión térmica en conjuntos de cable óptico activo (aoc)**

30 Prioridad:

21.02.2012 US 201261601351 P
21.02.2012 US 201261601355 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
24.10.2019

73 Titular/es:

CORNING OPTICAL COMMUNICATIONS LLC
(100.0%)
800 17th Street NW
Hickory, NC 28601, US

72 Inventor/es:

DEMERITT, JEFFERY, ALAN;
MILLER, ALLEN, MICHAEL;
NORRIS, MARTIN, EUGENE y
THEUERKORN, THOMAS

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 728 458 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

Estructuras y método para gestión térmica en conjuntos de cable óptico activo (aoc)

Campo

5 La descripción se refiere en general a la gestión térmica para conjuntos de cable óptico activo. Específicamente, la descripción se refiere a estructuras y métodos para disipar calor desde los conjuntos de cable óptico activo.

Antecedentes

10 Las fibras ópticas han desplazado a la conectividad a base de cobre en muchas de las redes de telecomunicación de larga distancia y metropolitanas tradicionales por numerosas razones tales como gran capacidad de ancho de banda, características dieléctricas y similares. Como los consumidores requieren más ancho de banda para dispositivos electrónicos de consumidor tales como teléfonos inteligentes, ordenadores portátiles, dispositivos de visualización, tabletas y similares el uso de fibras ópticas para la transmisión de señales está siendo considerado para reemplazar la conectividad convencional a base de cobre para estas aplicaciones. Esto es debido a que la comunicación de alta velocidad entre dispositivos electrónicos a lo largo de cualesquiera pero sobre todo de las distancias de cable más cortas tales como 1-2 metros no es práctica con conjuntos de cables puramente eléctricos. Sin embargo, longitudes de transmisión mucho más largas tales como decenas de metros son posibles utilizando conjuntos de cable óptico activo con fibra óptica como medio de transmisión. Los conjuntos de cable óptico activo utilizan conectores para proporcionar compatibilidad con un puerto eléctrico, pero convierten la señal eléctrica a señales ópticas tal como dentro del conector (es decir, conversión eléctrica a óptica y viceversa) para transmisión óptica de señales a lo largo de fibras ópticas entre los conectores eléctricos en los extremos del cable. Además, la futura transición desde protocolo eléctrico estándar (es decir, conectividad a base de cobre) a una conectividad a base de óptica completamente será facilitada por la comercialización de conjuntos de cable óptico activo en los que la conversión de señales desde eléctrica a óptica y desde óptica a eléctrica ocurre en los primeros pocos centímetros de un conjunto de cable tal como dentro del conector, que puede utilizar un protocolo existente tal como HDMI, USB, MiniDisplay Port (Puerto de MiniVisualización), o similares.

25 La función de convertir interfaz/protocolos eléctricos a corrientes de bits adecuadas y lanzarlas fielmente a fibras ópticas y capturarlas y decodificarlas en el extremo receptor requiere circuitos eléctricos apreciables típicamente en forma de un conjunto de placa de circuito impreso que soporta controladores láser, circuitos integrados, dispositivos de reloj y recuperación de datos (CDR), amplificadores de trans-impedancia (TIA) y componentes eléctricos pasivos para nombrar algunos pocos. Con contribuciones térmicas mayores procedentes de unos pocos de estos dispositivos y menores contribuciones térmicas procedentes de otros dispositivos es común tener una potencia residual agregada o una potencia térmica parásita relativamente grande que son generadas por los circuitos eléctricos del conjunto de cable óptico activo que pueden dar como resultado un fallo prematuro de los dispositivos electrónicos debido a una excesiva temperatura y/o temperaturas muy inconfortables sobre superficies del conector para el usuario. Además, el deseo de tener huellas relativamente pequeñas para los compuestos de conjuntos ópticos activos la generación de calor afecta a los conjuntos.

35 Así, hay una necesidad sin resolver de conjuntos de cable óptico activo con características de disipación de calor mejoradas.

El documento DE 10 2009 025556 A1 se refiere a un conector de enchufe de fibra óptica que tiene una cavidad formada entre el lado exterior del conducto intermedio y el lado interior del conducto exterior para permitir el flujo de un medio de refrigeración para las señales ópticas de alta potencia.

40 El documento US 2003/063865 A1 describe otro conector de fibra óptica que tiene una conexión óptica pasiva, y así no es un conjunto de AOC. Además, el conector de fibra óptica del documento US 2003/063865 está construido totalmente de metal e incluye aletas de refrigeración 88 y 89 que sobresalen del alojamiento del conector para irradiar calor.

45 El documento US 3 790 791 A está dirigido a un conjunto de cable opto-electrónico que utiliza elementos de conector estándar como parte del conjunto de terminación. Especialmente, montados en cada conjunto de terminación hay una pluralidad de elementos de terminación cada uno de ellos con un cable de fibra óptica fijado. Cada elemento de terminación tiene un dispositivo opto-electrónico activo y un medio de contacto para hacer contacto eléctrico con el dispositivo opto-electrónico.

Resumen

50 La descripción está dirigida a estructuras y métodos para fabricar conjuntos de cable óptico activo (AOC) con características térmicas mejoradas. Un aspecto de la descripción está dirigido a un conjunto de AOC según la reivindicación 1. El conjunto de AOC puede mantener la superficie exterior del conector por debajo de 60 °C.

En otras variantes opcionales como el conector puede tener uno o más componentes con una pluralidad de aletas tales como un manguito con una pluralidad de aletas para disipar calor desde el conector y/o un cuerpo de conector con una pluralidad de aletas. El conjunto de AOC puede disipar una cantidad de flujo calorífico adecuado procedente del conector tal como disipando a una tasa de transferencia de calor (es decir, flujo) de 0,75 W o mayor desde el conector, pero son

- posibles otros valores adecuados para disipar la tasa de transferencia de calor desde el conector de acuerdo con los conceptos descritos en este documento. Otro aspecto de la descripción está dirigido un conjunto de AOC que tiene un cable de fibra óptica que tiene un primer extremo fijado a un conector que tiene un alojamiento, y una lengüeta de tracción para disipar calor procedente del conector, donde la lengüeta de tracción se extiende al alojamiento del conector.
- 5 El conjunto de AOC puede disipar una cantidad adecuada de flujo calorífico desde el conector tal como disipar una tasa de transferencia de calor de 0,75 W o mayores del conector, pero son posibles otros valores adecuados para disipar el flujo calorífico desde el conector de acuerdo con los conceptos descritos en este documento.
- La descripción está también dirigida a un método para fabricar un conjunto de AOC según la reivindicación 10. El método y conector pueden mantener la superficie exterior del conector por debajo de 60 °C. El método puede también incluir un cuerpo de conector que tiene una pluralidad de aletas.
- 10 Características y ventajas adicionales serán expuestas en la descripción detallada siguiente, y en parte serán fácilmente evidentes para los expertos en la técnica a partir de la descripción o reconocidos mediante la puesta en práctica de las realizaciones como se ha descrito en la descripción escrita y en las reivindicaciones, así como en los dibujos adjuntos.
- Ha de entenderse que tanto la descripción general anterior como la descripción detallada siguiente son simplemente ejemplares, y están destinadas a proporcionar una vista general o esbozo para comprender la naturaleza y carácter de las reivindicaciones.
- 15 Los dibujos adjuntos están incluidos para proporcionar una comprensión adicional, y están incorporados y constituyen una parte de esta memoria. Los dibujos ilustran una o más realizaciones, y junto con la descripción sirven para explicar los principios y funcionamiento de las distintas realizaciones.
- 20 Breve descripción de los dibujos
- La fig. 1 es una vista en sección transversal parcial de un conjunto de cable óptico activo que tiene características para disipar calor procedente del conector de acuerdo con los conceptos descritos en este documento;
- La fig. 2 es otra vista en sección transversal del conjunto de cable óptico activo de la fig. 2 que muestra elementos internos del conector;
- 25 La fig. 3 es una vista en perspectiva de otro conjunto de cable óptico activo que tiene un manguito con una pluralidad de aletas para disipar el calor desde el conector;
- La fig. 4 es una vista en perspectiva de aún otro conjunto de cable óptico activo que tiene tanto un manguito como un cuerpo de conector con una pluralidad de aletas para disipar calor desde el conector;
- 30 Las figs. 5 y 6 son vistas en sección transversal y en perspectiva respectivamente de un cable de fibra óptica utilizado en conjuntos de cable óptico activo que fueron sometidos a un análisis de elementos finitos;
- La fig. 7 es un gráfico que muestra la temperatura superficial del cuerpo del conector en función de la longitud del conector para un diseño específico;
- La fig. 8 es una vista en perspectiva posterior ensamblada de otro conjunto de cable óptico activo que tiene características para disipar calor desde el conector de acuerdo con los conceptos descritos en este documento;
- 35 La fig. 9 es una vista parcialmente despiezada de manera ordenada del conjunto de cable óptico activo de la fig. 8;
- La fig. 10 es una vista en sección transversal de un conjunto de cable óptico activo similar a la fig. 8 que muestra características adicionales para disipar calor procedente del conector de acuerdo con los conceptos descritos en este documento;
- 40 Las figs. 11-13 son vistas parcialmente ensambladas de porciones del conjunto de cable óptico activo de las figs. 8 y 9 con el cuerpo del conector retirado para mostrar el inserto térmico unido al alojamiento para disipar energía calorífica desde el conector;
- Las figs. 14 y 15 respectivamente son vistas despiezadas ordenadamente y ensamblada en perspectiva que muestran el collarín utilizado para fijar el cable óptico de fibra del conjunto de cable óptico activo de las figs. 8 y 9;
- 45 Las figs. 16-19 son vistas de conjunto parciales que muestran detalles para fabricar el subconjunto del conjunto de cable óptico activo de las figs. 8 y 9 que tienen el inserto térmico; y
- Las figs. 20-25 son distintas vistas de otro conjunto de cable óptico activo que tiene una lengüeta de tracción térmicamente conductora para disipar calor desde el conector.

Descripción detallada

Se hace referencia en detalle a las realizaciones actuales preferidas de la descripción, ejemplos de las cuales están ilustrados en los dibujos adjuntos. Siempre que sea posible, se han utilizado números de referencia idénticos o similares a lo largo de los dibujos para referirse a partes idénticas o similares. Debería comprenderse que las realizaciones descritas en este documento son simplemente ejemplos con cada uno de los cuales se incorporan ciertos beneficios de la presente descripción. Pueden hacerse distintas modificaciones y alteraciones a los siguientes ejemplos dentro del alcance de la presente descripción, y pueden mezclarse aspectos de los diferentes ejemplos de distintas maneras para conseguir aún otros ejemplos. Consecuentemente, el verdadero alcance de la descripción ha de ser comprendido desde la totalidad de la presente descripción en vista de, pero no limitado a, las realizaciones descritas en este documento.

Los conceptos descritos están dirigidos a disipación de calor en conjuntos de cable óptico activo (AOC). Los conjuntos de AOC convierten una señal eléctrica introducida en la interfaz de enchufe a una señal óptica tal como dentro del alojamiento del conector para transmisión de señales ópticas a lo largo de fibras ópticas en un cable y luego convierten la señal óptica transmitida de nuevo a una señal eléctrica en el lado de salida tal como una segunda interfaz de enchufe y viceversa. Los conjuntos de AOC utilizan componentes eléctricos/ópticos en un conjunto de placa de circuito impreso para convertir las señales (es decir, conversiones e/o y o/e) que generan un calor significativo en el conector y pueden dar como resultado elevadas temperaturas para el conjunto de AOC. En otras palabras, la potencia de entrada al conjunto de placa de circuito impreso es mayor que la potencia de salida del conjunto de placa de circuito impreso, generando por ello una cantidad significativa de energía calorífica y elevando la temperatura del conector de AOC de modo que puede resultar caliente al tacto. Además, la cantidad de calor generado durante la conversión de las señales en el conjunto de AOC puede también variar basado en factores tales como el número y tipo de componentes activos utilizados (por ejemplo, diseño de placa de circuito), velocidades de transmisión, situación de componentes, etc. A modo de ejemplo, un conjunto de AOC dado puede generar una potencia de salida significativa (por ejemplo, energía calorífica) tal como de 0,75 W o más, 0,85 W o más, e incluso 1,0 W o más. Así, cuando la cantidad de energía calorífica generada por el conjunto de AOC aumenta, la refrigeración del dispositivo resulta más importante junto con el hecho de que es más difícil disipar el calor. Además, cuando los dispositivos resultan más pequeños y más delgados el conjunto de cable que conecta los dispositivos también se espera que tenga un tamaño/huella similar lo que puede también complicar la refrigeración ya que la huella del conector es menor. Los conjuntos y métodos de AOC descritos en este documento son ventajosos ya que mejoran las características de disipación de calor de los conjuntos de AOC, proporcionando por ello una temperatura superficial inferior para el usuario junto con el mantenimiento de los componentes eléctricos más fríos lo que es beneficioso para el uso continuado y una vida más larga. Específicamente, los conjuntos de AOC mejorados descritos en este documento disipan calor de manera pasiva de forma que la temperatura no excede de valores predeterminados.

Se han descrito varios conceptos diferentes para mejorar las características de transferencia de calor de un conjunto de AOC, que pueden ser utilizados independientemente o juntos según se desee. Además, los conceptos descritos en este documento fueron modelados para determinar el rendimiento térmico. A modo de ejemplo, las figs. 1 y 2 son vistas en sección transversal parcial de un primer conjunto 1 de AOC que tiene un cable 100 de fibra óptica fijado a un conector 10 que puede tener una tasa de transferencia de calor de 0,75 W o mayor desde el conector 10 para disipar energía calorífica creada por los componentes eléctricos del conector 10. En una realización, el flujo calorífico es disipado desde el conector, en parte, mediante un inserto térmico y/o al menos un componente que tiene una pluralidad de aletas como se ha descrito en este documento. Además, al menos un componente que tiene la pluralidad de aletas está dispuesto al menos parcialmente fuera de un alojamiento del conector. Como se ha mostrado, el conector 10 del conjunto 1 de AOC incluye un manguito 14 de terminación de alivio de tensión (en lo que sigue manguito) que tiene una pluralidad de aletas 14a para proporcionar el medio principal de transferencia térmica por medio de convección y radiación al entorno. Para permitir que el manguito 14 de terminación tenga una transferencia térmica efectiva desde el conector 10, el conjunto 1 de AOC tiene una trayectoria de baja impedancia térmica continua entre cualesquiera fuentes de calor (por ejemplo los dispositivos eléctricos generadores de calor en el conector 10) y el manguito 14. Además, el conector 10 tiene buen contacto (por ejemplo baja resistencia de interconexión) entre el manguito 14 y cualesquiera componentes que le están transportando calor a él. Además, el manguito 14 es un buen conductor térmico pues incluye la pluralidad de aletas 14a que tienen forma y tamaño adecuados que permiten un buen flujo de aire libre de convección y una gran área superficial para transferir calor al entorno exterior. En otras palabras, el uso de las aletas aumenta el área del manguito u otro componente para mejorar la transferencia de calor fuera del conector y al entorno. En esta realización, el manguito 14 y las aletas 14a tienen generalmente una forma redondeada con un tamaño continuo que se extiende hacia atrás; sin embargo son posibles otras formas adecuadas según los conceptos descritos.

De acuerdo con la invención, el conector 10 proporciona una trayectoria térmica desde el conector al manguito 14 utilizando un inserto térmico 12 que tiene al menos una porción bajo el manguito 14. A modo de ejemplo, el inserto térmico 12 es una inserción metálica (o de otro material adecuado) para proporcionar transferencia térmica desde el conector 10 al manguito 14 y, por ejemplo, está hecha de un material que incluye cobre u otro conductor térmico adecuado tal como aluminio, latón o similar. Sin embargo, pueden utilizarse otros materiales conductores térmicamente no metálicos para el inserto térmico si el material tiene propiedades térmicas adecuadas tales como un material que tiene una carga o un plástico térmicamente conductor. También son posibles otras variaciones para el inserto térmico.

De acuerdo con la invención, el inserto térmico 12 está dispuesto bajo el manguito 14, y la baja resistencia de interconexión para transferencia térmica es proporcionada en esta realización por el sobremoldeo del manguito 14 alrededor del inserto térmicamente conductor. El inserto térmico 12 está también unido a una porción del conector tal como el alojamiento para crear una trayectoria térmica desde el conector al inserto térmico. En otras realizaciones, el manguito 14 pueden ser un componente que es deslizado sobre el inserto térmico, en lugar de ser sobremoldeado alrededor del inserto térmico 12. El manguito 14 está formado de un material muy conductor térmicamente y la aleta/área de superficie proporcionada es suficiente para transferir el calor fuera del conector y al entorno para expulsar el flujo calorífico deseado y enfriar el conector a una temperatura adecuada. El conector puede también incluir otras características de estructura/diseño opcionales para aumentar adicionalmente la transferencia de calor/flujo calorífico fuera del conector. Por ejemplo, la parte superior de la envolvente metálica podría también estar hecha de cobre revestido o similar para mejorar el transporte de energía térmica hacia el extremo posterior (por ejemplo, el extremo del cable) del conector tal como hacía el inserto térmico/manguito. Otra variación es utilizar un deflector térmico agrandado, y posiblemente engrosado, que podría ser capturada en el recalco del conector para mejorar el flujo térmico axial hacia el extremo posterior del conector. Realizaciones pueden incluir también almohadillas térmicas, deflectores térmicos, y/o pasta térmica para mejorar adicionalmente las características de transferencia de calor entre componentes (es decir, mejorar las características de transferencia de calor del conector tal como disipar calor desde los chips integrados al alojamiento) y reducir la temperatura del cuerpo del conector. Otras disposiciones que no forman parte de la invención pueden utilizar los conceptos de un inserto térmico, pero pueden no requerir un manguito u otro componente con una pluralidad de aletas al tiempo que proporcionan aún características/rendimiento de transferencia térmica adecuados (fig. 10).

Como se ha mostrado mejor en la fig. 2, el conector 10 incluye otros componentes dentro de un alojamiento formado por una primera porción 18 de alojamiento y una segunda porción 20 de alojamiento (fig. 1) que están parcialmente dispuestas bajo un cuerpo 16 de conector. Los componentes generadores de calor del conector 10 están dispuestos dentro del alojamiento y están dispuestos sobre un conjunto 40 de placa de circuito impreso (PCBA) como es conocido en la técnica. Los componentes generadores de calor en la PCBA 40 pueden incluir uno o más componentes eléctricos activos tales como láseres emisores superficiales de cavidad vertical (VCSEL) y circuitos integrados (IC) tales como controladores láser, IC de reloj y recuperación de datos y similares. Puede generarse energía calorífica significativa por estos componentes activos durante el funcionamiento y pueden causar temperaturas elevadas para el conector si la energía calorífica no es disipada a lo largo de todo el conector. A modo de ejemplo, los componentes eléctricos activos pueden causar fácilmente una tasa de transferencia de calor de 0,75 W o más dentro del conector 10. Consecuentemente, diseños de conjunto de AOC mejorados descritos en este documento disipan una tasa de transferencia de calor dada durante una operación en régimen permanente del conjunto tal como disipando una tasa de transferencia de calor de 0,75 W o mayor desde el conector, 0.85 W o mayor, o 1 W o mayor desde el conector.

Adicionalmente, el extremo frontal del conector 10 incluye una interfaz eléctrica 23 que está eléctricamente fijada la PCBA 40 para conexión eléctrica a un dispositivo. En el extremo posterior del conector 10, el cable 100 de fibra óptica tiene sus miembros 104 de resistencia mecánica fijados a un collarín 30 y fibras ópticas 102 están fijadas a una interfaz óptica tal como un bloque de reflexión interna total (TIR) en un primer extremo del cable de fibra óptica. El uso de otras interfaces ópticas tales como marcos conductores y similares es también posible para transferir señales ópticas a/desde los VCSEL y fotodiodos sobre la PCBA 40 como es conocido en la técnica.

Son posibles otras variantes del conjunto de AOC para disipar una tasa de transferencia de calor tal como 0,75 W o mayor desde el conector según los conceptos descritos. Ilustrativamente, la fig. 3 es una vista en perspectiva de otro conjunto 1' de AOC que tiene un manguito que es similar al conjunto 1 de AOC. El conjunto 1' de AOC incluye un manguito 14' con una pluralidad de aletas 14a para disipar calor desde el conector como el conjunto 1 de AOC. Sin embargo, el manguito 14' tiene un perfil no redondo y que se estrecha hacia el extremo que proporciona un mejor alivio de curvado para el cable 100 de fibra óptica. El conector 10 tiene también una estructura interior similar con un inserto térmico 12 dispuesto bajo el manguito 14'. Sin embargo, en una disposición que no forma parte de la invención, el conjunto 1' de AOC puede ser utilizado sin el inserto térmico bajo el manguito, pero que en su lugar se podría tener un área superficial relativamente grande proporcionada por el manguito 14' con una característica de transferencia de calor adecuada para conducir el calor fuera del conjunto 1' de AOC.

Aún son posibles otras variantes del conector para disipar una energía calorífica adecuada procedente del conector del conjunto de AOC. A modo de ejemplo, la fig. 4 es una vista en perspectiva de aún otro conjunto 1'' de AOC que puede tener una tasa de transferencia de calor de 0,75 W o mayor desde el conjunto de conector de acuerdo con los conceptos descritos. En esta disposición, el conjunto 1'' de AOC tiene tanto un manguito 14'' como un cuerpo 16'' de conector con una pluralidad de aletas respectivas para disipar calor desde el conector. Específicamente, el manguito 14'' tiene una pluralidad de aletas 14a a lo largo de su longitud y no es redondo con dimensiones exteriores que generalmente disminuyen hacia el cable 100. De modo similar, el cuerpo 16'' de conector tiene una pluralidad de aletas 16a que se extienden a lo largo de su longitud para disipar calor procedente del conector. En esta disposición particular, el cuerpo 16'' de conector y el manguito 14'' son sobre moldeados como una pieza común, pero otras disposiciones pueden tener el cuerpo 16'' de conector y el manguito 14'' formados como componentes separados. Aunque esta disposición esta mostrada tanto con el cuerpo del conector como con el manguito con aletas, puede haber disposiciones con aletas sólo sobre el cuerpo del conector (es decir, al menos un componente del conector), tal como fue modelado según el diseño 8 en la Tabla 4, mientras que aún proporcionan características de transferencia de calor adecuadas. Otras variantes que

tienen un cuerpo 16" de conector con aletas 16a también proporcionan menos área para que el usuario contacte cuando se desconecta el conjunto 1" de AOC de un dispositivo de manera que el conector será percibido como más frío al tacto. Como se ha mostrado, tanto el manguito como el cuerpo de conector (por ejemplo, al menos un componente del conector) están dispuestos al menos parcialmente fuera de un alojamiento del conector.

- 5 Pueden utilizarse muchos tipos de materiales diferentes para los componentes disipadores de calor descritos aquí. Por ejemplo, muchos materiales tales como metales son conductores térmicos bien conocidos que pueden ser adecuados para el inserto térmico. Por otro lado, los polímeros son típicamente concebidos como aislantes térmicos ($\leq 0,2 \text{ W/m } ^\circ\text{K}$), pero su rendimiento en conductividad térmica puede mejorarse por la adición de cargas tales como metales, materiales cerámicos, fibra de carbono, o negro de humo. Hay disponibles comercialmente resinas termoplásticas formuladas que
- 10 son térmicamente conductoras. Las resinas más comúnmente utilizadas para estas aplicaciones son sulfuro de polifenileno cargado (PPS, una resina estable al calor elevado), polímeros cristalinos líquidos (LCP, también térmicamente estables), nailon (resina de estabilidad térmica intermedia), o polipropileno o polietileno (PP o PE respectivamente, resinas de estabilidad térmica inferior). Sin embargo también hay disponibles unos pocos polímeros térmicamente conductores hechos a partir de policarbonato (PC) o poli(butilen tereftalato) (PBT).
- 15 Ejemplos de materiales para el manguito 14 y/o el cuerpo 16 de conector y sus propiedades son proporcionados en las Tablas 1 y 2. Las compañías que pueden proporcionar polímeros adecuados son Encap, Cool Polymers, Ovation Polymers, SABIC polymers, RTP corporation Epic polymers, y PolyOne Corp. La Tabla 1 siguiente enumera propiedades representativas para la mayor parte de los materiales de sulfuro de polifenileno (PPS) comunes y la Tabla 2 para
- 20 materiales de polipropilenos (PP) y nailon según son recogidos en "Thermally Conductive Plastics" por G. Neal y J.M. Finan. Cualquiera de los materiales descritos puede ser utilizado para el manguito y/o el cuerpo de conector según se desee para conseguir las características de rendimiento térmico deseadas siempre que las otras características de rendimiento mecánico deseadas son satisfechas tales como resistencia mecánica, robustez, flexión, y similares.

25 Hablando en general, las Tablas 1 y 2 enumeran materiales que incluyen niveles específicos de cargas tales como vidrio, materiales cerámicos y/o carbonos que han mejorado las características de rendimiento térmico comparadas con materiales sin cargar; sin embargo, pueden utilizarse materiales que tienen otros tipos de porcentajes de cargas o desde menos cargas hasta sin cargas con los conceptos descritos aquí. Como puede observarse en las Tablas 1 y 2, las propiedades físicas de los materiales son afectadas por la adición del material cerámico térmicamente conductor y frecuentemente dan como resultado un incremento en el módulo y resistencia mecánica, pero una reducción en la elongación.

30 Tabla 1: Propiedades de materiales para Compuestos de PPS

	PPS (10% vidrio)	PPS (10% vidrio) c/carga cerámica	PPS (10% vidrio) c/fibra de carbono
Conductividad Térmica (W/m °K) <i>a través de plano</i>	0,3	1,0	1,0
Conductividad Térmica (W/m °K) <i>en plano</i>	---	1,0	7,0
Resistividad Superficial (ohmios/m ²)	>10 ¹³	>10 ¹³	5,4 x10 ²
Resistencia a Tracción (MPa)	79,4	52,4	138,7
Alargamiento a Tracción (%)	3,0	0,5	1,0
Resistencia a Flexión (MPa)	103,5	80,0	179,4
Módulo de Flexión (MPa)	6.210	14.835	27.600
Izod con entalla (J/m)	48,0	16,0	32,0

Tabla 2: Propiedades físicas para Materiales de Nailon y Polipropileno

	Nailon (10% vidrio)	Nailon (10% vidrio) c/carga cerámica	Polipropileno	Polipropileno c/carga cerámica
Conductividad Térmica (W/m °K)	0,2	1,0	0,2	1,2
Resistencia a Tracción (MPa)	93,2	93,1	34,5	17,3
Alargamiento a Tracción (%)	3,0	2,3	>200	1,5
Resistencia a Flexión (MPa)	117,0	152,0	548,3	36,6
Módulo de Flexión (MPa)	4.485	9.246	1.242	4.278
Izod con entalla (J/m)	53,4	53,4	21,4	16,0

Desde luego, materiales para el manguito y/o el cuerpo del conector pueden ser fabricados a medida seleccionando la carga o cargas específicas y/o el porcentaje o porcentajes para proporcionar el equilibrio deseado de propiedades mecánicas y térmicas y los materiales ejemplares de las Tablas simplemente demuestran cómo cambian las propiedades del material cuando se añaden cargas. Además, la carga específica utilizada puede afectar al coeficiente de expansión térmica (CTE). A modo de ejemplo, en el caso de materiales con polvos cerámicos o cargas metálicas el CTE puede aproximarse al valor para el CTE de carga inorgánica pura, mientras que en el caso de negro de humo o de fibra de carbono hay muy pocos cambios o no hay ningún cambio en el CTE del material.

Pueden aún utilizarse otros materiales para el manguito y/o el cuerpo del conector que tienen características térmicas mejoradas pero aún proporcionan las propiedades mecánicas deseadas y permiten el moldeo por inyección. Ejemplos de dichos materiales son CoolPoly® series D de plásticos térmicamente conductores disponibles en Cool Polymers, Inc., de North Kingstown, RI o un material cargado tal como LCP E540i disponible en Ticona Vectra®. De manera ilustrativa, la Tabla 3 recoge propiedades térmicas para una mezcla de PPS específica disponible en Cool Polymers, Inc., de North Kingstown, RI, pero es posible el uso de otras mezclas o materiales de PPS térmicamente conductores adecuados.

Tabla 3: Mezclas de PPS de Cool Polymers

	Valor Térmico	Norma de Ensayo
Conductividad Térmica	6 W/m °K	ASTM E1461
Difusividad Térmica	0,0353 cm ² /s	ASTM E1461
Calor Específico	0,949 J/g°C	ASTM E1461

Las figs. 5 y 6 son respectivamente vistas en sección transversal y en perspectiva de un ejemplo no limitativo del cable 100 de fibra óptica que muestra componentes internos de cable con propósitos explicativos. El cable 100 de fibra óptica representado puede estar configurado como el cable óptico utilizado para los conjuntos de AOC representados, pero debería entenderse que pueden utilizarse otras configuraciones de cable óptico. El cable 100 de fibra óptica incluye una camisa 108 de polímero que tiene una periferia exterior y una periferia interior, definiendo la periferia interior una ranura 108a. La ranura 108a actúa como una envolvente de fibra óptica para una o más fibras ópticas 102. En esta realización de cable, la camisa 108 de polímero define la ranura 108a que se extiende longitudinalmente a toda la longitud del cable 100 de fibra óptica, pero otras realizaciones de cable pueden tener un tubo u otro componente como la envolvente de fibra óptica si se desea.

Fibras ópticas 102 amontonadas individuales están dispuestas dentro de la ranura 108a, pero las fibras ópticas 102 pueden estar dispuestas como una cinta, fibras ópticas desnudas, o similares dentro del cable 100 de fibra óptica. Las fibras ópticas 102 pueden estar configuradas para transmitir señales ópticas hacia atrás y hacia adelante a lo largo del cable 100 de fibra óptica entre los conectores 10 dispuestos en uno o más extremos. Cualquier número adecuado de fibras ópticas 102 pueden estar incluido en la ranura 108a. Las fibras ópticas 102 son libres de trasladarse dentro de la ranura 108a cuando el cable 100 de fibra óptica es curvado. La forma de la ranura 108a puede ser establecida de manera que no haya problemas si se curva el cable 100 de fibra óptica, las fibras ópticas 102 nunca serán curvadas por debajo de su radio de curvatura mínimo. Aunque la ranura 108a está ilustrada como rectangular, la forma y orientación de la ranura 108a puede también depender del curvado y ubicaciones preferidas de otros elementos dentro del cable 100 de fibra óptica.

En algunas realizaciones, particularmente conjuntos de AOC configurados para proporcionar energía eléctrica, uno o más conductores pueden estar dispuestos dentro del cable 100 de fibra óptica. Por ejemplo, los conductores pueden estar dispuestos dentro de la ranura 108a y abarcar toda la longitud del cable 100 de fibra óptica. En otras realizaciones, los conductores pueden estar dispuestos dentro de la camisa 108 de polímero (por ejemplo, el primer y segundo miembros resistentes 104, 104 tienen dobles funciones como se ha descrito a continuación).

En la realización ilustrada, el cable 100 de fibra óptica incluye además un primer elemento 104 resistente y un segundo elemento 104 resistente dispuesto dentro de la camisa 108 de polímero para proporcionar una rigidez incrementada al cable 100 de fibra óptica, e inhibir que las fibras ópticas 102 se curven por debajo de su radio de curvatura mínimo. Pueden utilizarse más o menos elementos resistentes si se desea. El primer y segundo miembros resistentes 104, 104 pueden ser de cualquier material adecuado, tal como, pero no limitado a, acero inoxidable trenzado, cobre y fibras de aramida (por ejemplo, Kevlar®, fibra de vidrio, y similares). En algunas realizaciones, el primer elemento 104 resistente y el segundo elemento 104 resistente son eléctricamente conductores y actúan como los conductores eléctricos descritos anteriormente para proporcionar energía eléctrica y/o datos a lo largo del cable 100 de fibra óptica y pueden o no tener revestimientos dieléctricos individuales sobre ellos. El primer y segundo elementos resistentes 104, 104 pueden también ser utilizados para fijar el cable 100 de fibra óptica a un miembro de fijación de cable tal como un collarín 30 del conector 10 como en el ejemplo representativo mostrado en este documento. Por ejemplo, el primer y segundo elementos resistentes 104, 104 pueden ser metálicos y ser acoplados/fijados a una parte inferior del collarín que se ajusta con una parte exterior del collarín para fijación del cable y proporcionar alivio de tensión.

El modelado térmico extensivo utilizando un análisis de elementos finitos (FE) fue llevado a cabo para validar y ensayar térmicamente los conceptos para realizaciones diferentes descritas. El modelado térmico realizado en la Tabla 4 está dirigido a diseños básicos junto con realizaciones que tienen uno o más componentes con una pluralidad de aletas. El modelado térmico representado en la Tabla 4 ha utilizado diseños teóricos para determinar el mejor caso de rendimiento para comparaciones con los diseños actuales de acuerdo con los conceptos descritos. Es posible que los mejores diseños térmicos puedan entrar en conflicto con la estética del producto, pero puede conseguirse un equilibrio mediante la selección de materiales adecuados y trayectorias de flujo térmico en la estructura del conector.

La Tabla 4 mostrada a continuación muestra la temperatura en grados Celsius para ocho conjuntos diferentes de AOC en el chip de reloj y recuperación de datos (CDR) y circuito integrado (IC) junto con las temperaturas en las mismas tres superficies y en la embocadura frontal (es decir, Surf1, Surf2, Surf3, y Embocadura) para cada uno de los ocho diferentes conjuntos modelados utilizando análisis de elementos finitos (FE). La embocadura es la parte de envolvente metálica del conector que se extiende desde el frente del conector y es enchufada en el dispositivo anfitrión. Un conjunto de AOC básico (Diseño 3) se modeló junto con una variante sobre el conjunto de AOC básico utilizando un diseño de cable teórico (Diseño 3CC) para mostrar y comparar el rendimiento térmico utilizando una variante de cable sobre el conjunto de cable básico. Adicionalmente, un conjunto de AOC básico alternativo (Diseño 3A) fue también sometido a análisis de FE. Se realizaron también otras variantes sobre el análisis del conjunto básico (Diseño 4, Diseño 4A, y Diseño 4CC) para comprensión y análisis de los efectos de disipación térmica cuando se varía el diseño. También se modelaron conjuntos de AOC utilizando los conceptos descritos en este documento tales como utilizar un alojamiento de conector con aletas (diseño 8) y un manguito con aletas (diseño 9) para mejorar las características de disipación de calor para el conjunto de AOC y mantener la temperatura alrededor de un valor predeterminado para mostrar la validez y ventajas de los conceptos descritos.

La totalidad del modelado térmico para los diferentes diseños se utilizó en las siguientes suposiciones de gestión térmica y/o reglas para el análisis de FE. El entorno de refrigeración era aire estacionario a 35 °C con la transferencia térmica hacia y desde el bloque del dispositivo anfitrión; en realidad, el bloqueo de la transferencia térmica al dispositivo anfitrión es solamente cierto si el conector y el dispositivo anfitrión están a la misma temperatura. Las fuentes de alimentación (es decir, térmica) del conector están situadas en el mismo conjunto de placa de circuito impreso (PCBA) del motor óptico con los siguientes valores: 0,7 W distribuidos uniformemente a través del CDR; y 0,4 W distribuidos uniformemente a través de todo el IC; y no hay energía térmica procedente de ninguna otra fuente. Se consideraron que las soluciones térmicas aceptables para los conjuntos de AOC modelados tenían: las temperaturas para el CDR y el IC a 90 °C o por debajo; el cuerpo del conector está a una temperatura predeterminada de aproximadamente 60 °C o inferior; y los VCSEL son mantenidos a o por debajo de una temperatura dada para su funcionamiento fiable.

Se emplearon también otras especificidades y/o asunciones de modelo térmico para el modelado térmico en la Tabla 4 simplemente para el análisis de FE, a menos que se haya indicado de otro modo. Se utilizó una geometría parcial simplificada para los modelos térmicos y se utilizaron trayectorias de conducción internas. Los modelos térmicos utilizaron convección natural desde las superficies externas del conjunto tales como el cuerpo del conector, embocadura, manguito y cable y también se incluyeron las propiedades dependientes de la temperatura de aire y de transferencia externa por radiación. No se incluyeron o consideraron en el modelado térmico las propiedades de sólidos dependientes de temperaturas, interacciones de bordes de columnas de convección o condiciones transitorias. En los conjuntos con aletas no se modeló la interacción de aletas y solamente se modelo silicio puro para los cuerpos de IC y CDR.

Los modelos térmicos de los conceptos descritos con uno o más componentes con una pluralidad de aletas (Diseños 8 y 9) fueron una buena representación de realidad física y confirmaron que los conceptos descritos en este documento son efectivos para mejorar la disipación de calor procedente del conjunto de AOC y fueron también validados experimentalmente. El modelado térmico de estos diseños sugirió que son posibles tres elecciones prácticas que se utilizan por separado o en combinación para transferir calor desde el conjunto de AOC: (1) utilizar el área disponible en el cable para una disipación de calor mejorada; (2) añadir área superficial (es decir, aletas) al alojamiento del conector (es decir, tubo) para una disipación de calor mejorada; y/o (3) añadir área superficial (es decir, aletas) al manguito para mejorar la disipación de calor. Pueden ser posibles otros modos de mejorar la disipación de calor, pero pueden no ser prácticos, tales como añadir perforaciones a la envolvente (que puede tener problemas de EMI y EMF) y/o convección forzada, que puede no estar disponible o ser práctica. La Tabla 4 muestra los resultados térmicos en grados Celsius para el análisis de FE realizado en los ocho modelos diferentes. Como se ha mostrado en la Tabla 4, algunos de las descripciones de diseños incluían un asterisco que indica que los espacios de aire fueron modelados como cobre para análisis de FE para mejorar la transferencia de calor, lo que no es una opción de diseño realista, pero en vez de ello sirve para comprender el rendimiento más optimista del diseño.

Tabla 4: Resultado de Análisis de FE para los ocho modelos diferentes

	Temperatura, °C							
	Básico	Básico + Cable de Cobre	Básico Alternativo	Básico + Conector de Cobre y Manguito*	Conector de Cobre y Manguito*	Básico+ Todo Cobre*	Tubo con Aletas (cuerpo de conector)	Manguito con Aletas
Diseño	3	3CC	3A	4	4A	4CC	8	9
CDR	87,7	78,1	85,6	71,4	68,6	58,4	71,7	71,0
IC	90,9	81,1	88,8	71,5	68,7	58,5	75,5	74,0
Surf1	73,2	64,2	71,3	71,3	68,5	58,3	59,8	60,1
Surf2	72,9	64,0	71,0	71,3	68,5	58,3	59,6	60,0
Surf3	73,0	64,0	71,1	71,3	68,5	58,3	60,0	60,3
Embocadura	72,9	64,0	71,0	71,3	68,5	58,3	59,2	60,0

*Configuraciones de cobre incluyen espacios de aire simulados como cobre

El Diseño 3 representa el modelado básico de un conjunto de AOC que tiene un conector con el alojamiento rodeado por un cuerpo de conector convencional y un manguito junto con el cable 100 de fibra óptica. Todos los valores de temperatura en la Tabla 4 son temperaturas en régimen permanente utilizando las condiciones de modelado descritas en este documento. Como se ha mostrado, el Diseño 3 tenía una superficie en régimen permanente y temperaturas de embocadura de aproximadamente 73 °C en el conector, que es una temperatura elevada que puede causar problemas de diseño y/o ser inconfortable para el usuario. El diseño básico fue también modelado utilizando diferentes diseños de cable de fibra óptica para determinar el efecto que un cable diferente tendría sobre el rendimiento térmico del diseño básico. A modo de ejemplo, el Diseño 3CC es un diseño teórico que representa el conector básico utilizando un cable de cobre para representar un mejor caso de transferencia de calor desde el conector básico al cable de fibra óptica. El Diseño 3CC tenía una superficie en régimen permanente y temperaturas de embocadura de aproximadamente 64 °C en el conector, que aún no consigue el rendimiento térmico deseado. El Diseño 3A es otro diseño básico alternativo que utiliza un diseño de cable realista similar al cable 100 de fibra óptica, pero que incluye además una trenza de cobre sobre un cable que tiene un diámetro exterior de aproximadamente 3,4 mm que fue fijado a un extremo posterior del conector para transferencia de calor desde el conector. El Diseño 3A tenía temperaturas superficiales en régimen permanente y de embocadura de aproximadamente 71 °C en las superficies del conector, que es aun relativamente caliente y no consigue el rendimiento térmico deseado. Así, el rendimiento térmico mejorado utilizando el conector básico con diseños de cable diferentes no producirá el rendimiento térmico deseado y son necesarios otros diseños.

El análisis de FE fue realizado para evaluar otros parámetros de diseño dirigidos al conector. El Diseño 4 fue realizado como una comprobación isotérmica utilizando el diseño de conector básico con un cuerpo de alojamiento y manguito convencionales con partes internas de cobre macizo para determinar el rendimiento térmico que puede ser posible como se ha indicado por el asterisco. El Diseño 4 tenía una temperatura superficial y de embocadura en régimen permanente de aproximadamente 71 °C sobre la superficie del conector, que es aun relativamente caliente y no consigue el rendimiento térmico deseado. Se llevó a cabo otro modelado para determinar cómo afecta la longitud del conector (es decir, el alojamiento del conector, etc.) al rendimiento térmico del Diseño 4. La fig. 7 es un gráfico que muestra la temperatura superficial del conector para el Diseño 4 en función de la longitud del conector. Como se ha mostrado, los valores recogidos en la Tabla 4 representan una longitud de conector ligeramente menor de 30 mm y cuando la longitud del conector aumenta las temperaturas superficiales disminuyen. A partir de la fig. 7, las temperaturas del conector para este modelo no se aproximarán al intervalo deseado hasta que la longitud del conector sea de aproximadamente 53 mm o más larga. Sin embargo, conectores más anchos/más largos en este intervalo no son deseables para utilizar con los dispositivos electrónicos y consecuentemente no son una opción adecuada para mejorar las características de rendimiento térmico en conjuntos de AOC. El Diseño 4A es otra variación de modelo térmico del diseño básico que representa un caso isotérmico forzado que tiene todas las partes internas del conector hechas de cobre, lo que no es una opción realista. De manera similar, el Diseño 4CC es un diseño teórico que representa el conector básico que tiene todas las partes internas del conector de cobre junto con un cable de fibra óptica totalmente de cobre para representar un mejor caso de transferencia de calor desde el conector básico al cable, las temperaturas superficiales de diseño y de embocadura en régimen permanente de aproximadamente 58 °C. Así, el modelado de FE reveló que son necesarios otros diseños para disipar el calor a los niveles deseados para conseguir una temperatura en régimen permanente de aproximadamente 60 °C o menor sobre las superficies del conector del conjunto de AOC.

Los Diseños 8 y 9 representan diseños que tienen un componente con una pluralidad de aletas que utiliza conceptos de la presente solicitud. Específicamente, el Diseño 8 es el mismo que el diseño básico, excepto que solamente el cuerpo del conector incluye una pluralidad de aletas para disipar energía térmica (es decir, flujo calorífico) desde el conector. Como se ha mostrado en la Tabla 4, el Diseño 8 tenía temperaturas superficiales y de la embocadura en régimen permanente de aproximadamente 60 °C sobre el conector, lo que es una temperatura significativamente inferior que para

el caso básico (Diseño 3). Dicho simplemente, el Diseño 8 utilizando el cuerpo de conector con una pluralidad de aletas permitió una disminución de aproximadamente 12 °C comparado con el Diseño 3 básico utilizando los conceptos descritos en este documento. De manera similar, el Diseño 9 es el mismo que el diseño básico, excepto en que solamente el manguito incluye una pluralidad de aletas para disipar la energía térmica junto con una inserto térmico dispuesto bajo el manguito desde el conector. El inserto térmico proporciona un trasporte axial mejorado de energía térmica (es decir, flujo calorífico) desde el conector. Como se ha mostrado en la Tabla 4, el Diseño 9 tenía temperaturas superficiales y de embocadura en régimen permanente de aproximadamente 60 °C sobre el conector, que es también una temperatura significativamente inferior que para el caso básico (Diseño 3). Así, el modelado de FE confirmó que los conceptos descritos proporcionan mejoras térmicas significativas para los conjuntos de AOC.

Aún son posibles otros diseños para conseguir una tasa de transferencia de calor mejorada desde el conector de un conjunto de AOC utilizando un inserto térmico sin el uso de un componente con una pluralidad de aletas. A modo de ejemplo, la fig. 8 es una vista en perspectiva posterior ensamblada del conjunto 500 de AOC que tiene un inserto térmico 512 (no visible) para disipar calor desde el conector de acuerdo con los conceptos descritos en este documento. La fig. 9 es una vista parcialmente despiezada de manera ordenada del conjunto 500 de AOC que tiene un cable 100 de fibra óptica fijado a un conector 600 que puede tener una tasa de transferencia de calor adecuada de 0,75 W o mayor desde el conector 600. En esta realización, un inserto térmico 512 (fig. 9) es utilizado para promover la transferencia de calor desde el conector; sin embargo, ninguno de los componentes del conector 600 utiliza una pluralidad de aletas para mejorar el rendimiento térmico como en otras realizaciones. El conector 600 incluye el alojamiento formado por una primera porción 518 de alojamiento y una segunda porción 520 de alojamiento que están parcialmente dispuestas bajo un cuerpo 516 de conector cuando son ensambladas. Los componentes generadores de calor del conector 600 están dispuestos dentro del alojamiento y están dispuestos sobre un conjunto de placa de circuito impreso (PCBA) 540. Los componentes generadores de calor sobre la PCBA 540 pueden incluir uno o más componentes eléctricos activos tales como láseres emisores de superficie de cavidad vertical (VCSEL) y circuitos integrados (IC) tales como controladores de láser, transceptores de reloj y recuperación de datos de IC, y similares. Puede generarse energía calorífica significativa mediante estos componentes activos durante el funcionamiento y pueden causar temperaturas elevadas para el conector si no se disipa la energía calorífica. A modo de ejemplo, los componentes eléctricos activos pueden provocar fácilmente un flujo calorífico de 0,75 W o más dentro del conector 600. Adicionalmente, el extremo frontal del conector 600 incluye una interfaz eléctrica que está eléctricamente unida a la PCBA 540 para conexión eléctrica a un dispositivo y posicionada utilizando una pieza de nariz 517 que se ajusta en el extremo frontal del cuerpo 516 del conector. En el extremo posterior del conector 600, el cable 100 de fibra óptica tiene sus miembros resistentes 104 unidos a un collarín 30' y las fibras ópticas 102 están unidas a una interfaz óptica tal como un bloque 548 de reflexión interna total (TIR) en un primer extremo del cable de fibra óptica. El uso de otras interfaces ópticas tales como marcos conductores y similares es también posible para transferir señales ópticas a/desde los VCSEL y fotodiodos sobre la PCBA 540 como se conoce en la técnica.

La fig. 10 es una vista en sección transversal de un conjunto 500' de AOC similar al conjunto 500 de AOC que representa características adicionales para disipar calor desde el conector de acuerdo con los conceptos descritos en este documento. Específicamente, el conjunto 500' de AOC incluye almohadillas térmicas 519 (también conocidas como almohadillas de espacio térmico) que proporcionan un puente térmico entre los componentes activos y una porción del alojamiento. Como se ha mostrado, las almohadillas térmicas 519 están en estrecha proximidad a los componentes generadores de calor y una porción del alojamiento y pueden utilizar una pasta térmica en uno o más lados para mejorar la transferencia de calor. De modo similar, los conjuntos de AOC pueden también incluir otros componentes tales como uno o más deflectores térmicos 521 (por ejemplo, una tira térmica tal como cobre o similar) dentro del conector para proporcionar un puente térmico para conducir calor desde el conector.

Como se ha mostrado mejor en las figs. 11 y 12, cuando se ensambla una porción frontal del inserto térmico 512 se fija al alojamiento del conector 600 que está formado a partir de una primera porción 518 de alojamiento y de una segunda porción 520 de alojamiento, creando por ello una trayectoria térmica entre el alojamiento 518, 520 y el inserto térmico 512. La fig. 13 muestra una vista del cable 100 de fibra óptica enfilado a través del inserto térmico 512 antes de su fijación al cable. El inserto térmico 512 incluye un paso 512a que se extiende desde la parte frontal a la parte posterior y se fija al alojamiento a través de una o más ventanas 512b, pero son posibles otras características de fijación tales como un ajuste por fricción, sujetadores, etc. Una parte posterior del inserto térmico 512 tiene un perfil redondo con una forma tal como una forma cilíndrica que se extiende a través del capuchón 513 de extremidad y tiene al menos una porción dispuesta bajo un manguito 514 como se ha mostrado. Además, puede aplicarse una pasta térmica opcional (no visible) entre el alojamiento 518, 520 y el inserto térmico 512 para mejorar adicionalmente la trayectoria térmica y la transferencia de energía calorífica al inserto térmico 512, mejorando por ello el rendimiento térmico. La fig. 12 es una vista parcialmente ensamblada del conjunto de cable óptico activo de la fig. 11 con la segunda porción 520 de alojamiento retirada para mostrar detalles internos.

Las figs. 14 y 15 respectivamente son vistas en perspectiva despiezadas ordenadamente y ensambladas que muestran los componentes del collarín 30' utilizado para asegurar el cable 100 de fibra óptica al conector 600. Como se ha mostrado, el collarín 30' incluye una porción interior 301 y una porción exterior 311. La porción interior 303 define una ranura 305 que se extiende a lo largo de un eje de inserción 307 de la porción interior 303. En esta realización, la ranura 305 está configurada como una ranura axial u oblonga, pero la ranura puede tener cualquier forma adecuada que se desee. La ranura 305 incluye porciones de extremo 309a, 309b radiales opuestas que pueden ser beneficiosos para

recibir y asegurar miembros resistentes 104, 104 del cable 100 de fibra óptica tal como se ha mostrado en las figs. 16 y 17 y descrito a continuación. La porción exterior 311 incluye una cavidad 313 conformada para recibir la porción interior 303 cuando es ensamblada tal como se ha mostrado en la fig. 15. La cavidad 313 esta generalmente alineada a lo largo del eje longitudinal (es decir, alineada con el eje del conector) y tiene una forma a modo de zócalo o base, pero la cavidad puede tener otras disposiciones tales como en una dirección que es transversal al eje longitudinal. La porción exterior 311 incluye una pared lateral 315 y una pared posterior 317 que incluye un paso 319 para que fibras ópticas 102 y miembros resistentes 104 pasen a su través. El collarín 30' puede estar formado a partir de cualesquiera materiales adecuados. En una realización, la porción interior 303 es un material conductor y la porción exterior 311 es un material dieléctrico para aislar eléctricamente los miembros alargados metálicos (por ejemplo, tales como los miembros resistentes metálicos, pero puede tener otras funciones tales como transportar señales) desde el alojamiento del conector cuando está ensamblados; sin embargo, son posibles otros materiales según se desee.

La fijación de los miembros resistentes 104 a la porción interior 303 puede ser realizada de cualquier manera adecuada dependiendo del material del miembro resistente. Por ejemplo, si los miembros resistentes 104 son metálicos, entonces puede ser posible soldar los extremos a la porción interior 303 si la porción interior 303 es también metálica. Otros ejemplos posibles de unión de los miembros resistentes 104 a la porción interior 303 puede incluir el uso de adhesivos, sujetadores, fijación, u otros procedimientos de unión tales como recalcado como se ha descrito a continuación.

Las figs. 16-19 son vistas de conjunto parciales que muestran detalles para hacer un subconjunto 525 explicativo del conjunto 500 de AOC mostrado en la fig. 19. El subconjunto 525 puede ser preparado y acoplado a un subconjunto de conector posteriormente en el proceso de fabricación. En esta realización, el collarín interior 303 está formado a partir de un material deformable tal como un metal y los miembros resistentes 104 del cable 100 de fibra óptica son fijados deformando el collarín interior 303 alrededor de una porción de los miembros resistentes 104. Cualesquiera partes deseadas situadas detrás del collarín 30' pueden ser enfiladas sobre el cable 100 de fibra óptica tal como el inserto térmico 512, el capuchón 513 de extremidad, y/o el manguito 514 (fig. 18) junto con la preparación del extremo del cable exponiendo los miembros resistentes 104 y las fibras ópticas de modo que estén listas para otro montaje. La fig. 16 muestra los miembros resistentes 104 y las fibras ópticas encaminadas a través del paso 319 de la porción exterior 311 y dispuestas en las porciones de extremidad 309a, 309b de la porción interior 303 del collarín 30'. El cable 100 de fibra óptica está preparado de modo que las fibras ópticas 102 se extienden a una distancia L1 adecuada más allá del collarín 30'. Los miembros resistentes 104 son asegurados a la porción interior 303 mediante la aplicación de pares opuestos de vectores de fuerza 501a, 501b para deformar las partes de extremidad de la porción interior 303, formando por ello una unión recalcada que puede sujetar rígidamente y de forma fija las partes de extremidad de los miembros resistentes 104. La fig. 17 representa el corte de cualquier longitud en exceso de los miembros resistentes 104 desde los extremos junto con el recorte de las fibras ópticas 102 a una longitud deseada L2. Cualquier método adecuado puede ser utilizado para recortar las fibras ópticas tal como un tratamiento por láser y/o mecánico. Adicionalmente, los revestimientos pueden ser retirados de las porciones de la fibra óptica según se desee.

La fig. 18 muestra un módulo óptico 548 tal como un bloque de TIR fijado a los extremos de las fibras ópticas 102 para formar el subconjunto 525 del conjunto 500 de AOC. La fig. 19 representa el collarín 30' retraído con relación al inserto térmico 512 de modo que se asiente dentro de una cavidad del paso 512a. La cavidad puede estar conformada para recibir de manera estrecha el collarín 30' e inhibir el movimiento relativo entre el collarín 30' y el inserto térmico 512. A modo de ejemplo, la cavidad tiene una forma oblonga para recibir la periferia oblonga del collarín 30'. El capuchón 513 de extremidad y el manguito 514 son hechos deslizar sobre el extremo posterior del inserto térmico 512. Al menos una porción del inserto térmico 512 está dispuesta bajo el manguito 514 para inhibir el toque directo del inserto térmico 512 por el usuario cuando es ensamblado. Cuando se ha completado el subconjunto 525 puede ser alineado y fijado al subconjunto de conector de manera que los canales ópticos del módulo óptico 548 son alineados adecuadamente con los componentes activos tales como los VCSEL y fotodiodos sobre la PCBA 540 para transmitir/recibir señales. El inserto térmico 512 está también fijado a una porción de alojamiento del conector. Por ejemplo, el inserto térmico 512 puede ser fijado a la primera porción 518 de alojamiento utilizando ventanas 512b como se ha mostrado en la fig. 12. Una pasta térmica puede ser aplicada entre el inserto térmico 512 y el alojamiento del conector para mejorar las características de transferencia térmica.

Diseños similares a los conjuntos 500 y 500' de AOC fueron modelados para rendimiento térmico utilizando análisis de FE para validar y ensayar térmicamente los conceptos para diferentes realizaciones descritas. Específicamente, la Tabla 5 muestra los resultados térmicos en grados Celsius para el análisis de FE realizado sobre las cinco variantes diferentes del conjunto 500 de AOC que tienen el inserto térmico fijado al alojamiento y con una porción del inserto térmico dispuesta bajo el manguito. El modelado térmico realizado en la Tabla 5 está dirigido al conjunto 500 de AOC con características, materiales y/o componentes variables para la comprensión del rendimiento térmico para el diseño según se ha descrito a continuación. Sin embargo, el modelado térmico representado en la Tabla 5 también incluye algunos parámetros de modelado diferentes que los utilizados en el modelado térmico de la Tabla 4 y se describirán las diferencias.

El análisis de FE térmico en la Tabla 5 modelados los conjuntos de AOC con la embocadura del conector térmicamente unida a un dispositivo anfitrión en un estado de régimen permanente, que es un caso más realista alineado con el uso del conjunto de AOC que es enchufado en un dispositivo haciendo corresponder el modelo a datos empíricos. Los conjuntos de AOC modelados en la Tabla 5 han incluido diseño realistas para el análisis de FE tales como la utilización de

deflectores térmicos o almohadillas térmicas en el modelado como se ha descrito, en vez de utilizar todas las partes internas del conector de cobre como se ha indicado en la Tabla 4 para representar la transferencia de calor desde el conjunto de AOC. Además, el modelado en la Tabla 5 ha utilizado un diseño de conjunto de placa de circuito impreso diferente con una potencia de salida de 860 mW.

5 La Tabla 5 mostrada más adelante recoge la temperatura en grados Celsius para cinco conjuntos de AOC diferentes similares al conjunto 500 de AOC en cinco ubicaciones diferentes, en particular, el chip controlador, el chip de CDR, el circuito integrado de transceptor (TIA), el VCSEL, y el cuerpo. Todas las temperaturas enumeradas son las temperaturas máximas en condiciones de régimen permanente para el dispositivo o ubicación. Así, solamente se ha proporcionado una temperatura superficial del cuerpo y la temperatura de la embocadura no se ha dado ya que está modelado como
10 fijado térmicamente a un dispositivo anfitrión. Como se ha mostrado en la Tabla 5, los conjuntos de AOC modelados tenían un rendimiento térmico aceptable tanto para los componentes activos como para la temperatura del cuerpo con las variantes descritas.

El primer conjunto de AOC (Diseño A) en la Tabla 5 fue modelado utilizando un inserto térmico de aluminio para el conjunto 500 de AOC con la adición de almohadillas térmicas y un deflector térmico. El Diseño B era similar al Diseño A e incluía almohadillas térmicas y un deflector térmico, pero utilizaba un material polímero para el inserto térmico para
15 determinar el impacto de un material sobre el rendimiento térmico del inserto térmico. El aluminio fue seleccionado para su uso como el material de inserto térmico ya que tiene una conductividad térmica relativamente elevada del orden de aproximadamente 200 W/m °C, pero como se ha mostrado por el Diseño B son posibles otros materiales adecuados tales como polímeros para el manguito térmico en el diseño mientras aún proporcionan resultados aceptables. El material polímero utilizado para el inserto térmico del Diseño B tenía una conductividad térmica del orden de aproximadamente
20 0,2 W/m °C. Como se ha mostrado, el Diseño A tenía una temperatura en régimen permanente en el cuerpo de 58,8 °C utilizando el inserto térmico de aluminio y el Diseño B tenía una temperatura en régimen permanente sobre el cuerpo de 61,1 °C utilizando el inserto térmico de polímero. Así, realizaciones que utilizan inserto térmico con una conductividad térmica relativamente elevada de aproximadamente 100 W/m °C o mayor proporcionaron un rendimiento térmico
25 mejorado, sin embargo, es posible el uso de materiales de conductividad térmica inferior pero pueden requerir inserciones térmicas con un área en sección transversal incrementada para transportar efectivamente energía calorífica, y pueden dar como resultado un mayor factor de forma para el conector para obtener resultados similares a otros materiales.

Tabla 5: Resultados de Análisis de FE para los ocho modelos diferentes

	Temperatura, °C				
	Inserto Térmico de Al. c/ Almohadillas y deflector térmicos	Inserto Térmico de Polímero c/ Almohadillas y deflector térmico**	Inserto Térmico de Al. c/ Almohadillas Térmicas**	Inserto Térmico de Al. c/PCBA/ Alojamiento Soldado**	Inserto Térmico de Al. c/Enchufe de Cobre desde CDR y TIA a Alojamiento**
	A	B	C	D	E
Controlador	75,3	76,6	75,1	68,2	65,2
CDR	78,5	75,9	74,3	67,5	64,2
Transceptor (TIA)	80,3	81,3	78,5	69,2	65,9
VCSEL	78,4	79,4	76,6	67,1	64,2
Cuerpo	58,8	61,1	55,5	55,9	55,8

**Indica que el modelado de FE incluía efectos de radiación interna

30 Los diseños C-E fueron similares al Diseño A utilizando el inserto térmico de aluminio, pero incluían un modelado térmico más sofisticado que consideró los efectos de radiación interna dentro del conector junto con las características de diseño indicadas y dieron como resultado temperaturas corporales menores que los Diseños A y B. Los diseños C-E utilizaron otras estructuras distintas para ayudar a la transferencia de calor al inserto térmico para determinar el efecto sobre el rendimiento térmico. Específicamente el Diseño C incluía las almohadillas térmicas como el Diseño A, pero no utilizó el
35 deflector térmico para determinar el rendimiento térmico cuando se consideran los efectos de radiación interna. Como se ha mostrado, el Diseño C tenía una temperatura de cuerpo máxima de 55,5 °C. El Diseño D excluyó las almohadillas térmicas y el deflector térmico, pero tenía la PCBA soldada al alojamiento para proporcionar una trayectoria de transferencia de calor mejorada para permitir la transferencia de calor al inserto térmico de aluminio. Como se ha mostrado, el Diseño D tenía una temperatura de cuerpo máxima de 55,9 °C. El Diseño E excluyó las almohadillas
40 térmicas y el deflector térmico, pero en su lugar utilizó un primer y segundo enchufes de cobre unidos térmicamente al alojamiento y adyacentes a los componentes activos de CDR y de TIA junto con una pasta térmica dispuesta entre componentes activos y los enchufes de cobre para proporcionar una trayectoria de transferencia de calor mejorada desde estos componentes activos. Como se ha mostrado, el Diseño E tenía una temperatura de cuerpo máxima de 55,8 °C. Todos los ejemplos de la Tabla 5 tenían un diseño en donde el conector mantiene una temperatura superficial

exterior que está por debajo de 65 °C o menor; sin embargo, la mayor parte de las realizaciones mantenía una temperatura superficial exterior que es de 60 °C o menor. Así, el inserto térmico puede ser utilizado con varias alternativas diferentes para ayudar a la transferencia de calor lejos de los componentes activos sobre la PCBA al alojamiento y hacia el inserto térmico.

- 5 Aún son posibles otros conceptos para conseguir una tasa de transferencia de calor predeterminada desde los componentes activos en el conector de un conjunto de AOC. Ilustrativamente, las figs. 20-25 son distintas vistas del conjunto 1000 de AOC que tiene el cable 100 de fibra óptica fijado al conector (no numerado). Las figs. 20 y 21 representan respectivamente vistas en perspectiva superior e inferior de una porción del conjunto 1000 de AOC completo. El conector incluye un cuerpo 1016 de conector dispuesto alrededor de un alojamiento que tiene una primera porción 1018 y una segunda porción 1020 como se ha mostrado mejor en las figs. 22 y 23. El conector mostrado incluye una interfaz eléctrica 1023 en el extremo frontal junto con un manguito 1014 en la parte posterior para proporcionar un alivio de tensión de curvado del cable. El conector también incluye una lengüeta 1002 de tracción para disipar calor procedente del conector y puede incluir opcionalmente una característica realzada 1004 en la lengüeta 1002 de tracción de modo que el usuario no tiene que hacer contacto con la lengüeta 1002 de tracción. La característica 1004 realzada puede ser de cualquier material adecuado tal como un material a base de caucho o un polímero. La lengüeta 1002 de tracción puede también ser agarrada y estirada por el usuario para desconectar el conector cuando está enchufado en un dispositivo. La lengüeta 1002 de tracción puede ser utilizada independientemente de los otros conceptos descritos o en combinación con los conceptos de un manguito y/o cuerpo de conector con una pluralidad de aletas. De modo similar, el manguito puede ser utilizado con o sin un inserto térmico.
- 10
- 15
- 20 Como se ha mostrado mejor en las figs. 24 y 25, la lengüeta 1002 de tracción tiene una primera porción que se extiende al alojamiento del conector y una segunda porción que se extiende fuera del alojamiento del conector. La fig. 24 es una vista superior en perspectiva que muestra el cuerpo 1016 del conector y una segunda porción 1020 de alojamiento retirada de modo que el interior del conector sea visible extendiéndose la lengüeta 1002 de tracción al alojamiento. Como se ha mostrado, la lengüeta 1002 de tracción tiene un área superficial relativamente grande para transferir calor desde los componentes activos a la lengüeta 1002 de tracción para disipar una tasa de transferencia de calor de 0,75 W o mayor desde el conector, pero en otras realizaciones, la lengüeta 1002 de tracción puede disipar otras tasas de transferencia de calor adecuadas desde el conector tales como 0,85 W o mayores.
- 25

- La lengüeta 1002 de tracción está en contacto o proximidad con los componentes eléctricos generadores de calor dentro del conector para crear un paso térmico eficiente. Además, la lengüeta 1002 de tracción puede estar hecha de cualquier material adecuado que pueda transferir calor tal como un material que incluye un metal tal como cobre, un polímero, o un polímero que tiene una carga. De modo similar, la lengüeta 1002 de tracción tiene un tamaño y forma adecuados para disipar calor y permitir la fijación al conector. A modo de ejemplo, la lengüeta 1002 de tracción puede tener una o más perforaciones o recortes, según se desee para permitir el trabajo alrededor de componentes y/o ayudar a la fijación al conector. La lengüeta 1002 de tracción permite que el conector disipe una tasa de transferencia de calor adecuada para mantener las superficies del conector a una temperatura adecuada al tiempo que permite que los componentes eléctricos operen a una temperatura adecuada. Además, la lengüeta de tracción puede ser utilizada independientemente o en combinación con los otros conceptos de disipación de calor tales como los que incluyen un cuerpo de conector y/o un manguito que tiene un inserto térmico dispuesto bajo el manguito según se desee.
- 30
- 35

- También se ha descrito un método para hacer un conjunto de AOC que tiene características de transferencia de calor mejoradas. El método incluye proporcionar un cable de fibra óptica, proporcionar un conector que tiene un alojamiento, y fijar el conector al cable de fibra óptica de modo que el conjunto pueda disipar una tasa de transferencia de calor de 0,75 W o mayor desde el conector. El método puede incluir también sobremoldear un manguito o cuerpo que tiene una pluralidad de aletas. La invención incluye fijar un inserto térmico bajo el manguito del conector. Aún otras realizaciones pueden incluir fijar una lengüeta de tracción al conector.
- 40

- 45 Resultará evidente para los expertos en la técnica que pueden hacerse distintas modificaciones y variaciones sin salir del alcance de la descripción. Como al experto en la técnica se le pueden ocurrir modificaciones, combinaciones, sub-combinaciones y variaciones de las realizaciones descritas que incorporan la sustancia de la descripción, la descripción debería considerarse que incluye todo lo que se encuentre dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un conjunto (1, 1', 1'', 500) de cable óptico activo, que comprende:

un cable (100) de fibra óptica que tiene un primer extremo fijado a un conector (10, 600) comprendiendo el conector (10, 600) una inserto térmico (12, 512) que tiene una porción frontal fijada a un alojamiento (18, 20, 518, 520) del conector (600) creando por ello una trayectoria térmica entre el alojamiento (518, 520) y el inserto térmico (12, 512), en donde el alojamiento (518, 520) está formado a partir de una primera porción (518) de alojamiento y una segunda porción (520) de alojamiento, y componentes generadores de calor del conector (600) están dispuestos dentro del alojamiento (518, 520) y están dispuestos sobre un conjunto (520) de placa de circuito impreso, en donde el inserto térmico (12, 512) está al menos parcialmente dispuesta bajo una funda de terminación (14, 14', 14'', 514), y en donde el conjunto (1, 1', 1'', 500) disipa una tasa de transferencia de calor de 0,75 W o mayor desde el conector durante el funcionamiento en régimen permanente.

2. El conjunto de cable óptico activo según la reivindicación 1, en donde el inserto térmico (12, 512) incluye un metal o un polímero.

3. El conjunto de cable óptico activo según la reivindicación 1, que incluye además al menos un componente que tiene una pluralidad de aletas (14a) para disipar calor procedente del conector (10, 600) siendo al menos un componente un cuerpo de conector o el manguito (14, 14', 14'', 514).

4. El conjunto de cable óptico activo según la reivindicación 3, estando al menos un componente dispuesto al menos parcialmente fuera del alojamiento (18, 20, 518, 520) del conector (10, 600).

5. El conjunto de cable óptico activo según cualquiera de las reivindicaciones 1-4, que incluye además un bloque (548) de reflexión interna total fijado al menos a una fibra óptica (102) en el primer extremo del cable (100) de fibra óptica.

6. El conjunto de cable óptico activo según cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en donde el cable (100) de fibra óptica tiene miembros (104) alargados metálicos fijados a un primer collarín (30, 30').

7. El conjunto de cable óptico activo según cualquiera de las reivindicaciones 1-6, que incluye además un segundo collarín (303) que tiene dos miembros alargados metálicos del cable de fibra óptica fijados a él.

8. El conjunto de cable óptico activo según cualquiera de las reivindicaciones 1-7, incluyendo el conector además una lengüeta (1002) de tracción.

9. El conjunto de cable óptico activo según cualquiera de las reivindicaciones 1-8, en donde el conector (10, 600) mantiene una temperatura superficial exterior que es inferior a 65 °C o menor.

10. Un método para fabricar un conjunto (1, 1', 1'', 500) de cable óptico activo, que comprende:

proporcionar un cable (100) de fibra óptica;

proporcionar un conector (10, 600) que comprende un alojamiento (18, 20, 518, 520) con una inserto térmico (12, 512) que tiene una porción frontal fijada al alojamiento (18, 20, 518, 520) creando por ello una trayectoria térmica entre el alojamiento (518, 520) y el inserto térmico (12, 512), en donde el alojamiento (518, 520) está formado a partir de una primera porción (518) de alojamiento y de una segunda porción (520) de alojamiento, y componentes generadores de calor del conector (600) están dispuestos dentro del alojamiento (518, 520) y están dispuestos sobre un conjunto (520) de placa de circuito impreso, y una porción del inserto térmico (12, 512) está dispuesta bajo una funda de terminación (14, 14', 14'', 514) del conector (10, 600),

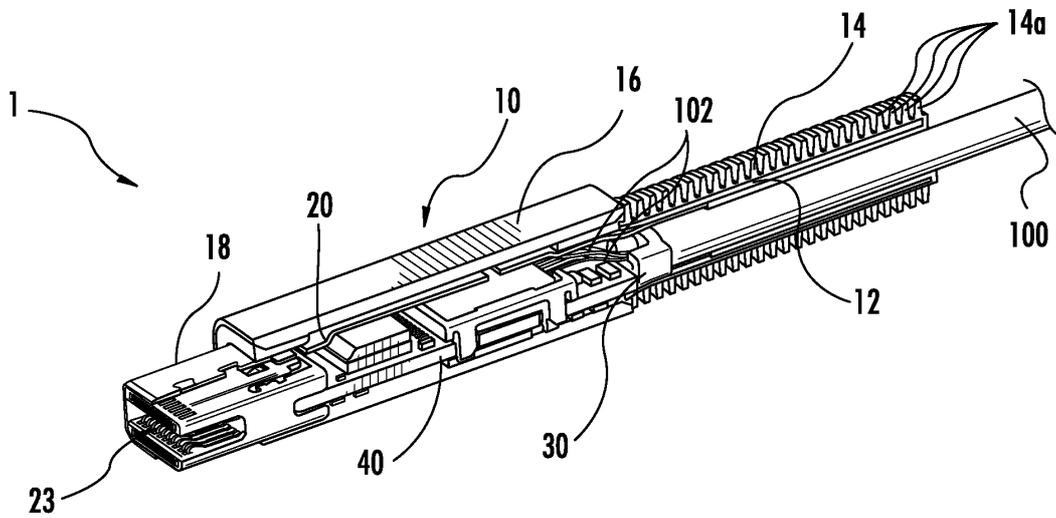
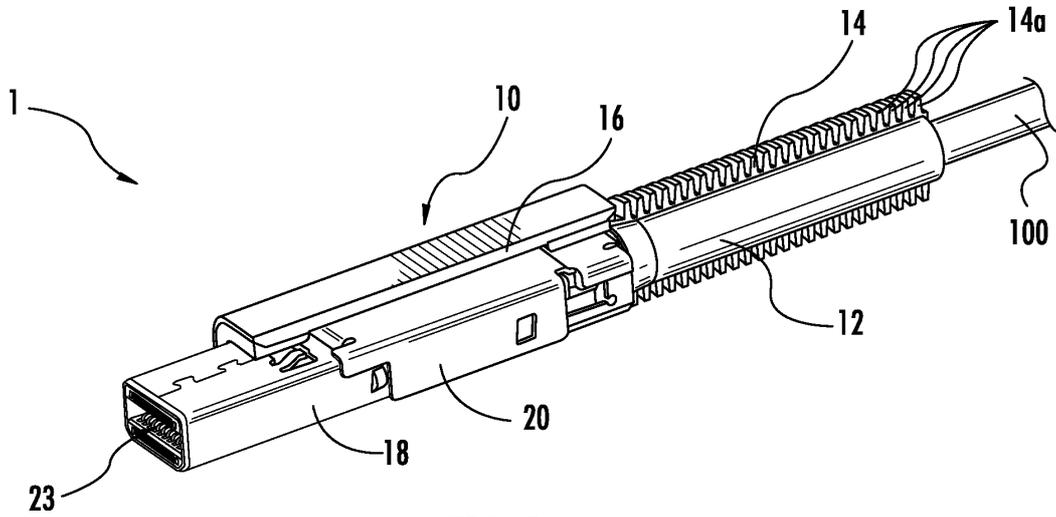
fijar el conector (10, 600) al cable (100) de fibra óptica de modo que el conjunto (1, 1', 1'', 500) disipe una tasa de transferencia de calor de 0,75 W o mayor desde el conector (10, 600) y mantenga una temperatura superficial exterior del conector por debajo de 65 °C durante el funcionamiento en régimen permanente.

11. El método según la reivindicación 10, que incluye además sobremoldear el manguito (14, 14'. 14'', 514) o un cuerpo que tiene una pluralidad de aletas (14a).

12. El método según la reivindicación 10, que incluye además fijar una lengüeta (1002) de estirar al conector (10, 600).

13. El método según cualquiera de las reivindicaciones 10-12, que incluye además fijar un bloque (548) de reflexión interna total al menos a una fibra óptica (102) del cable (100) de fibra óptica.

14. El método según cualquiera de las reivindicaciones 10-13, que incluye además unir dos miembros alargados del cable (100) de fibra óptica a una porción de un primer collarín (30, 30').



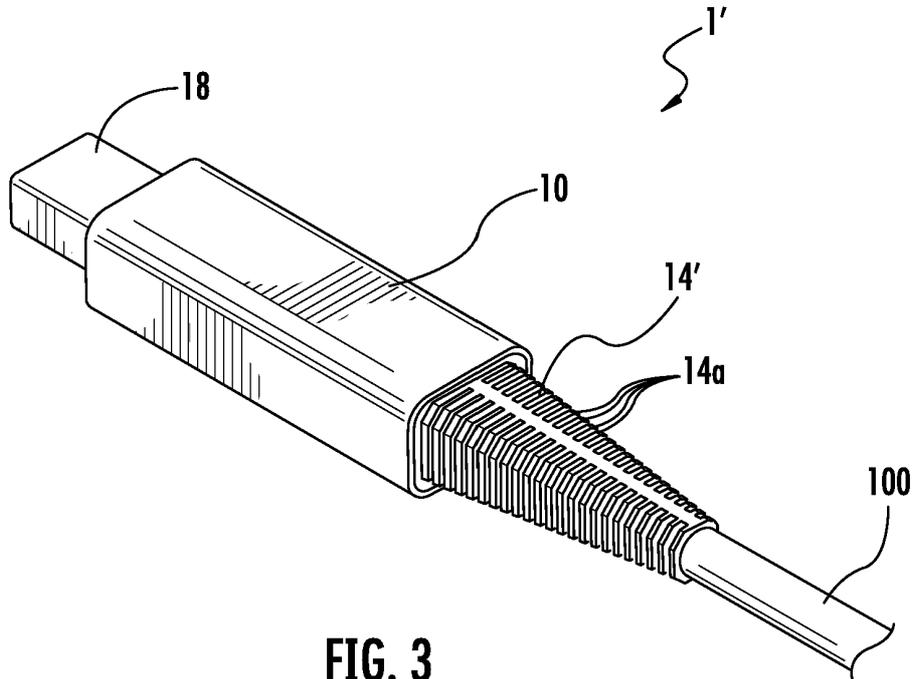


FIG. 3

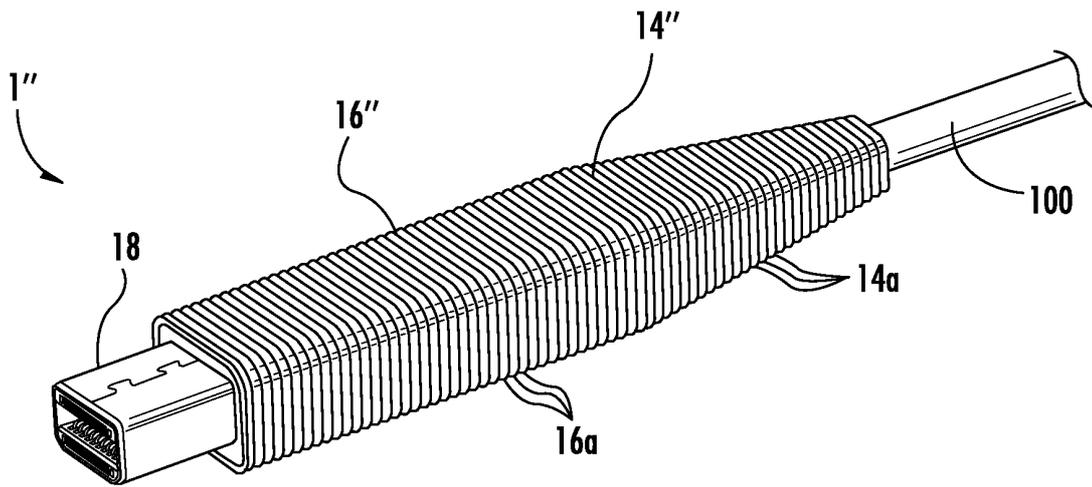


FIG. 4

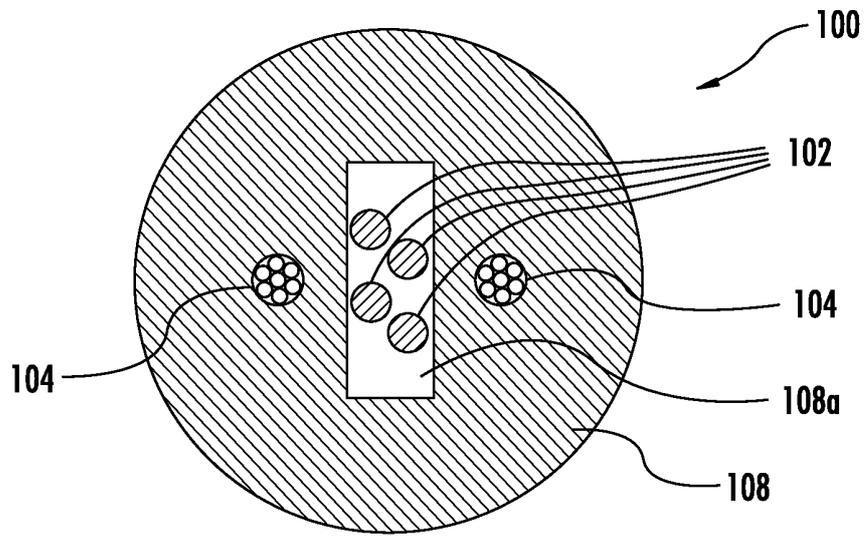


FIG. 5

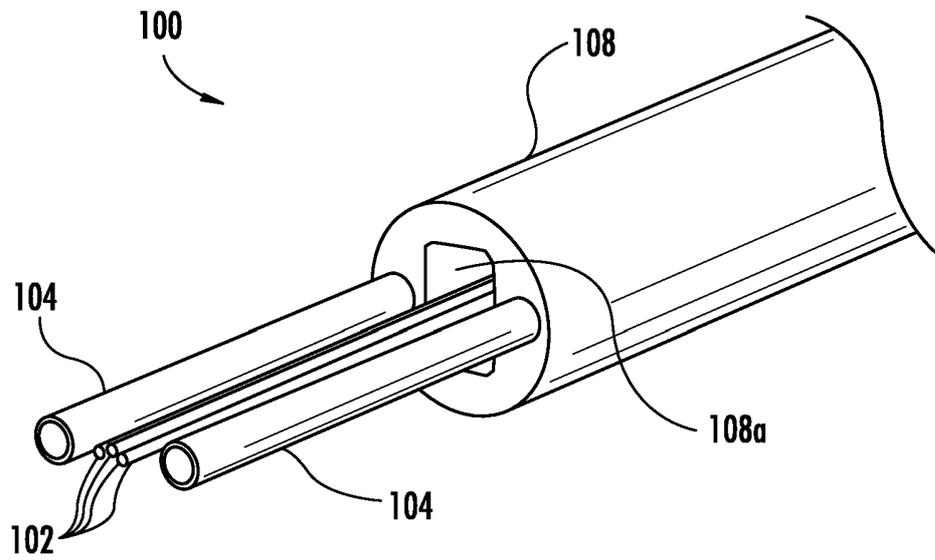


FIG. 6

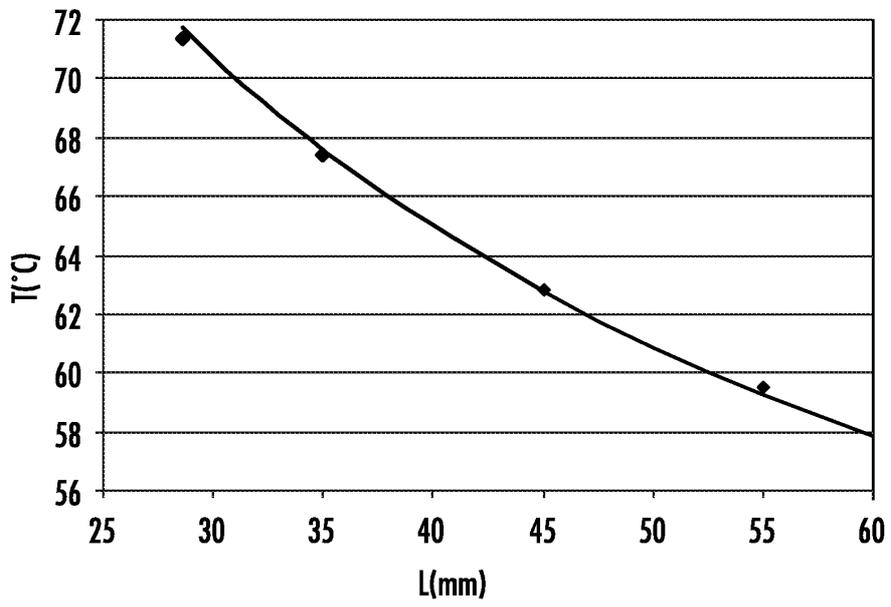


FIG. 7

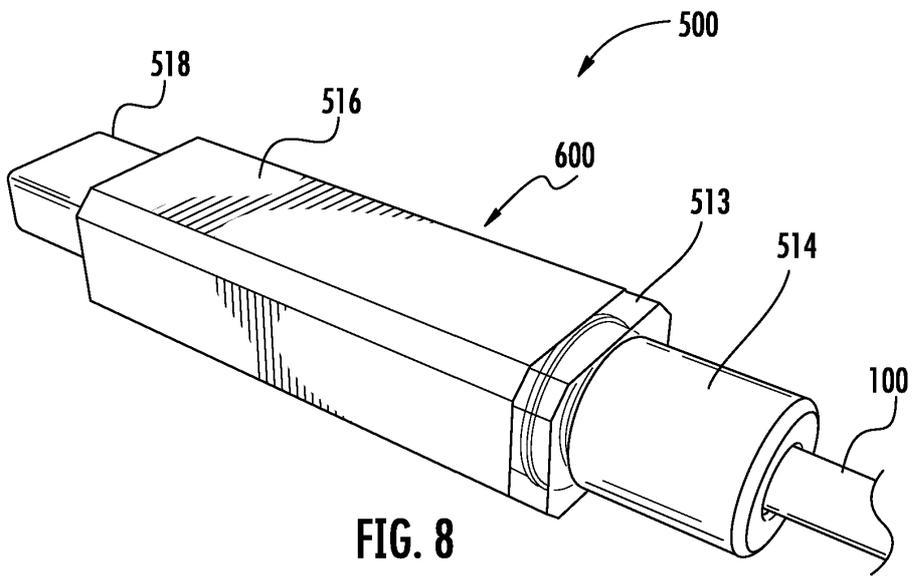
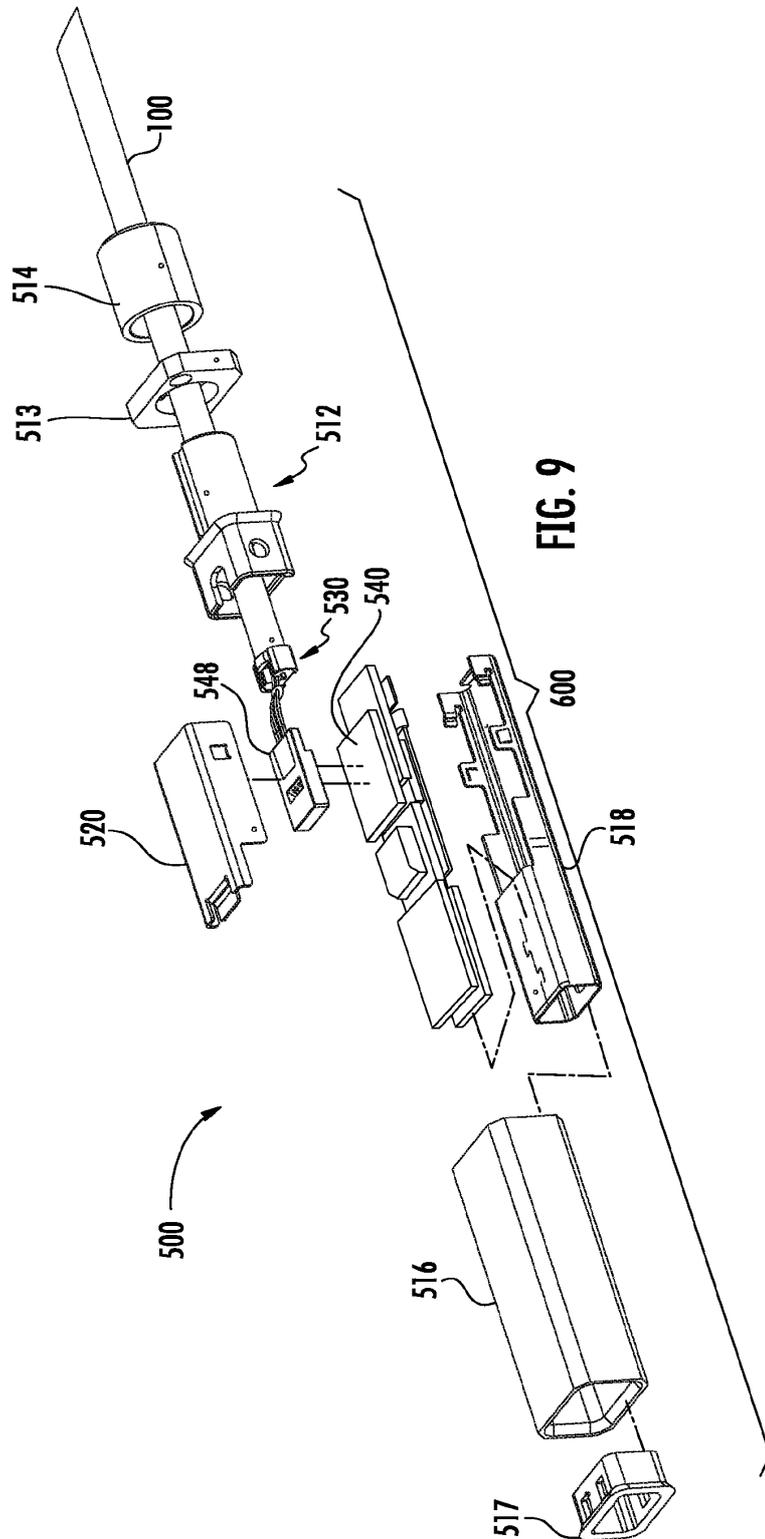


FIG. 8



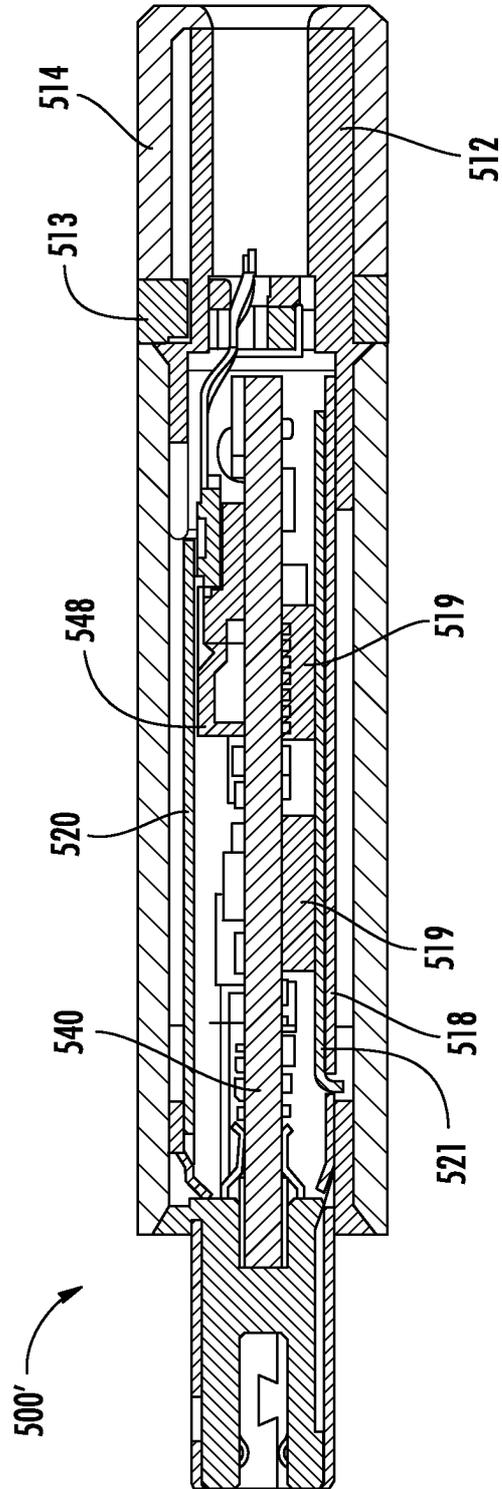


FIG. 10

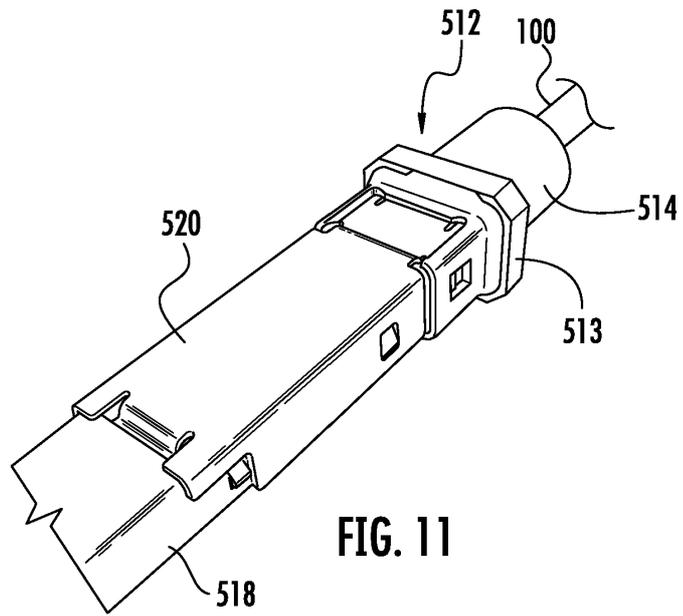


FIG. 11

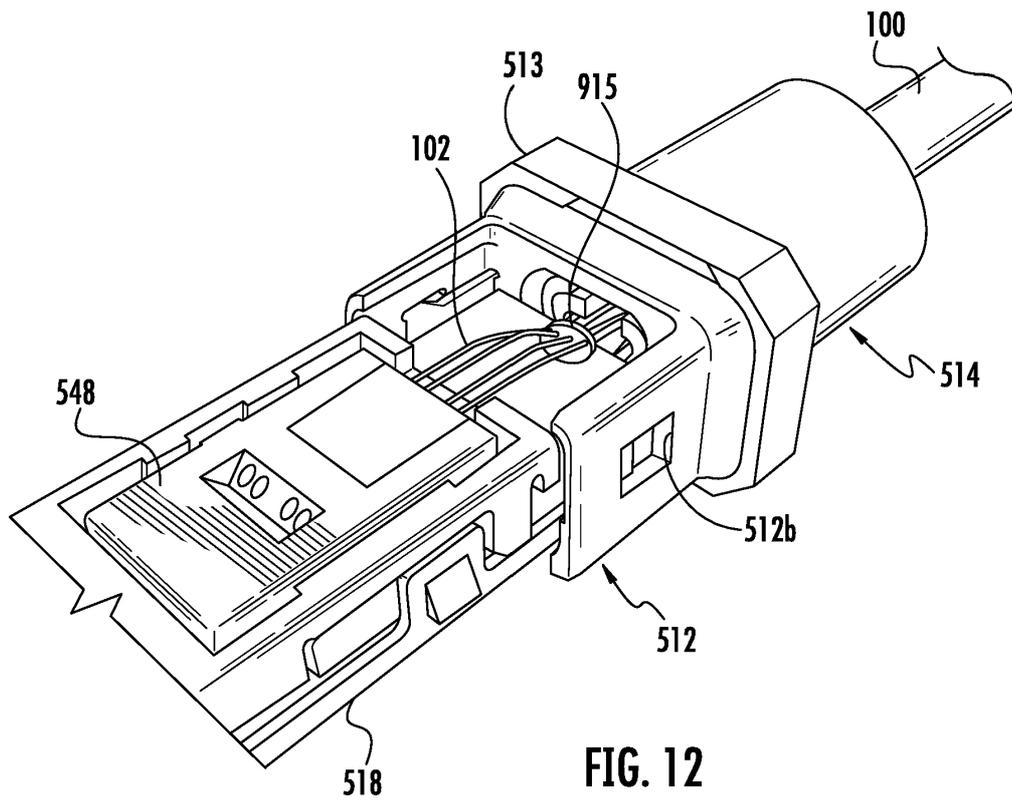


FIG. 12

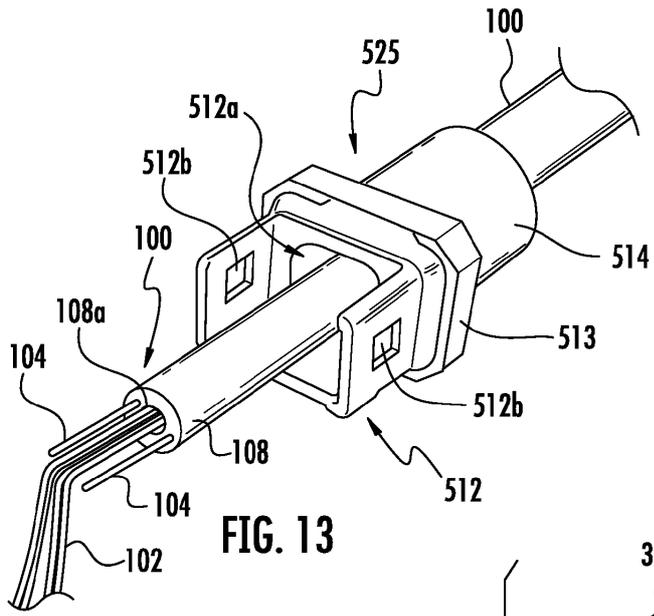


FIG. 13

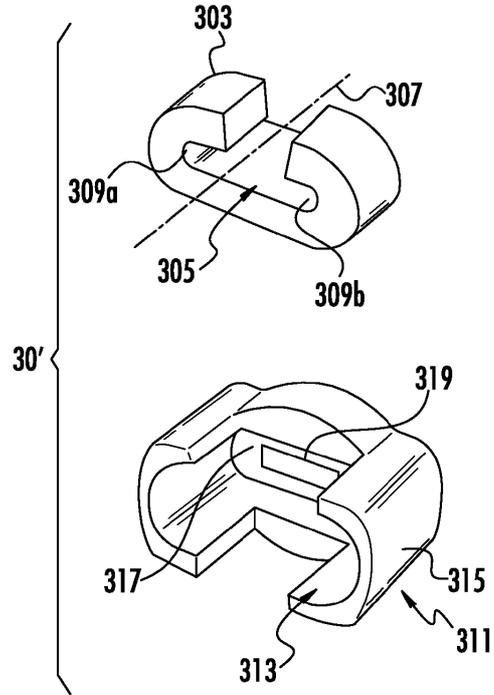


FIG. 14

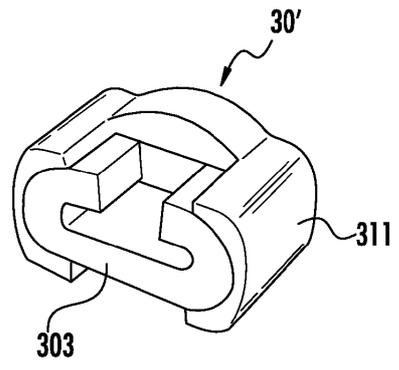
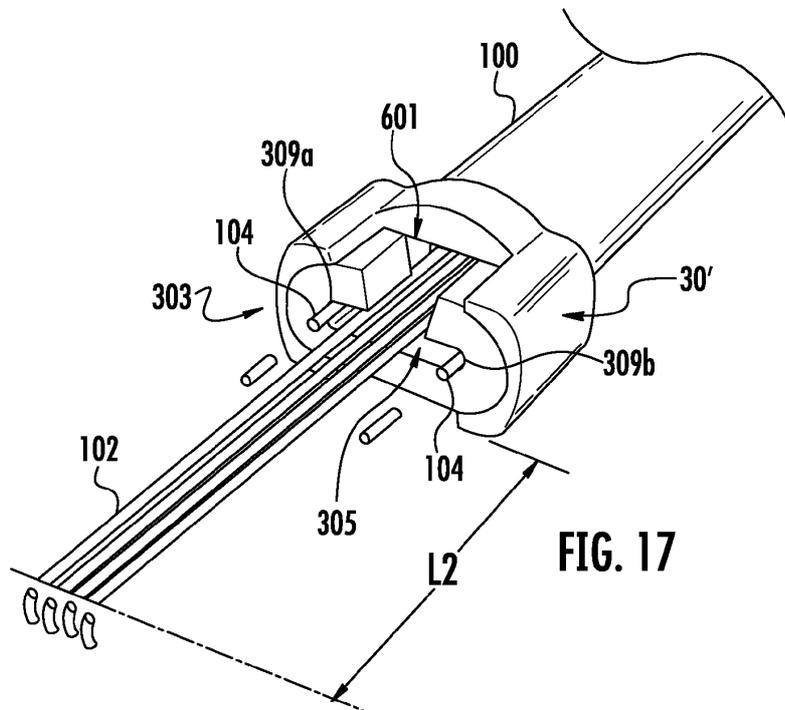
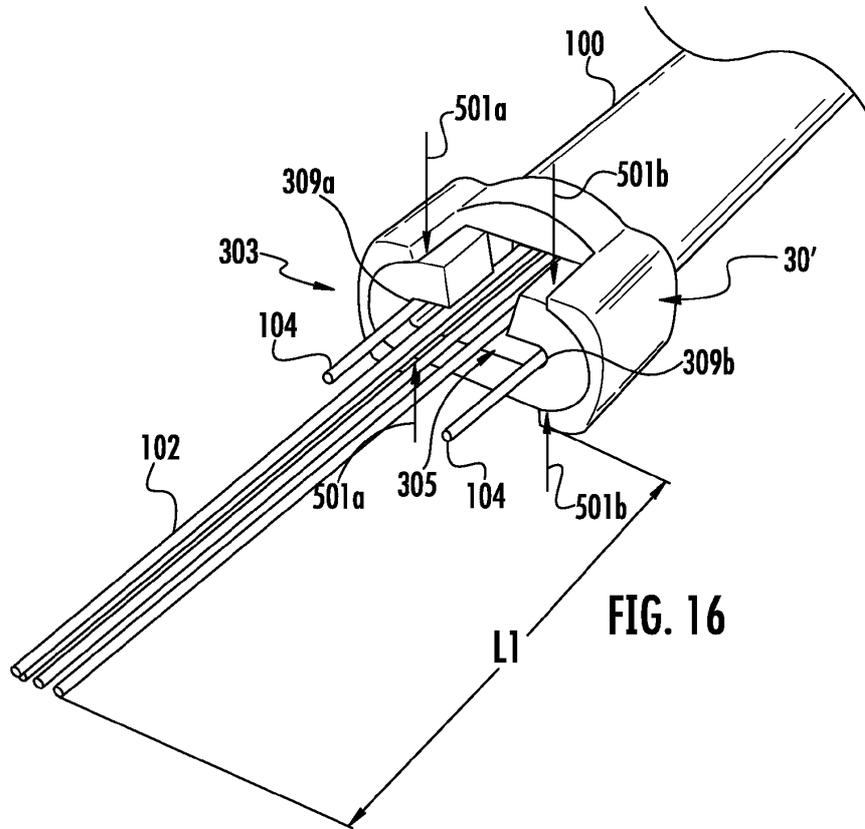


FIG. 15



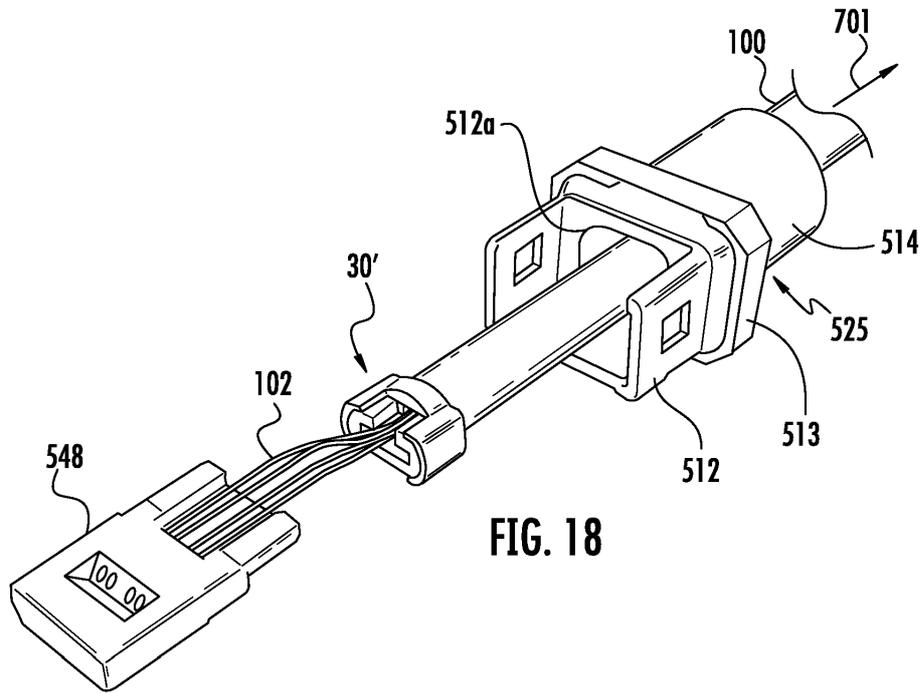


FIG. 18

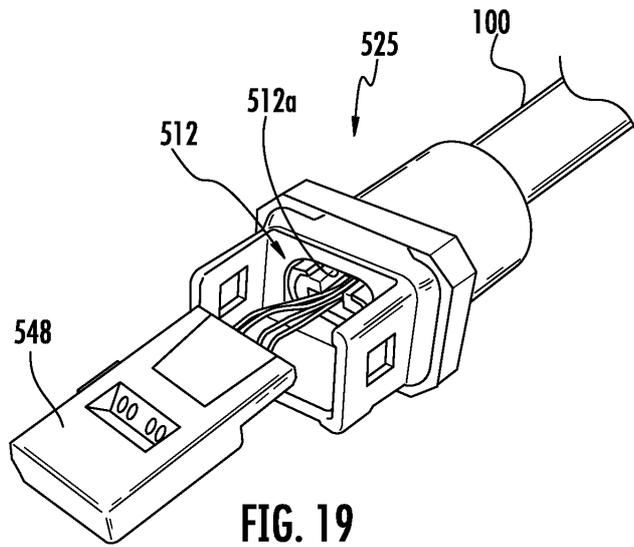


FIG. 19

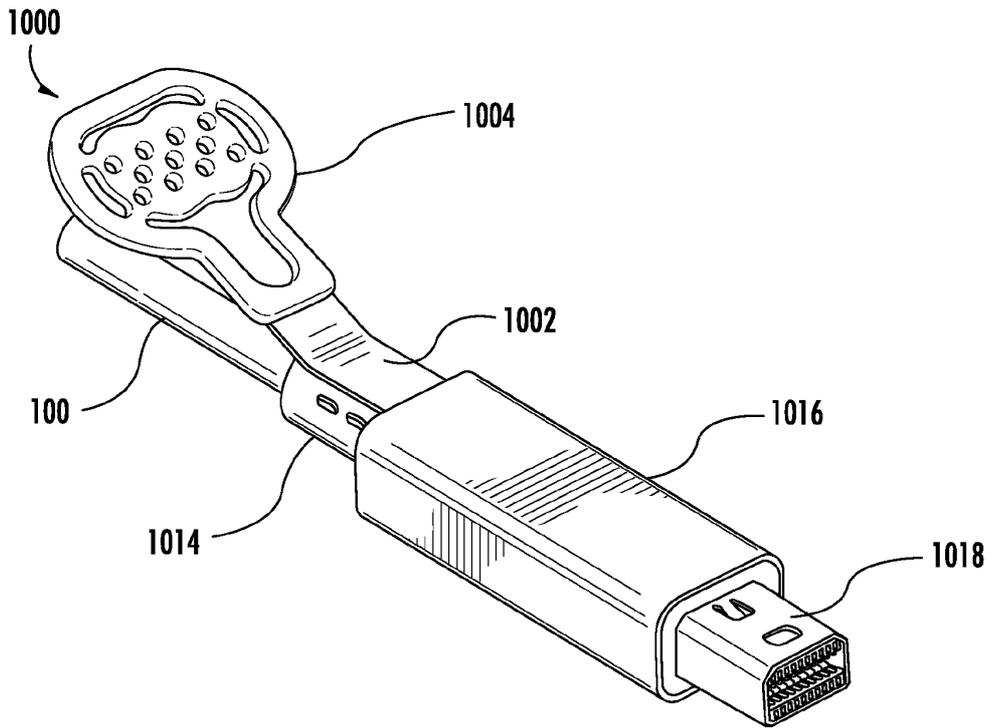


FIG. 20

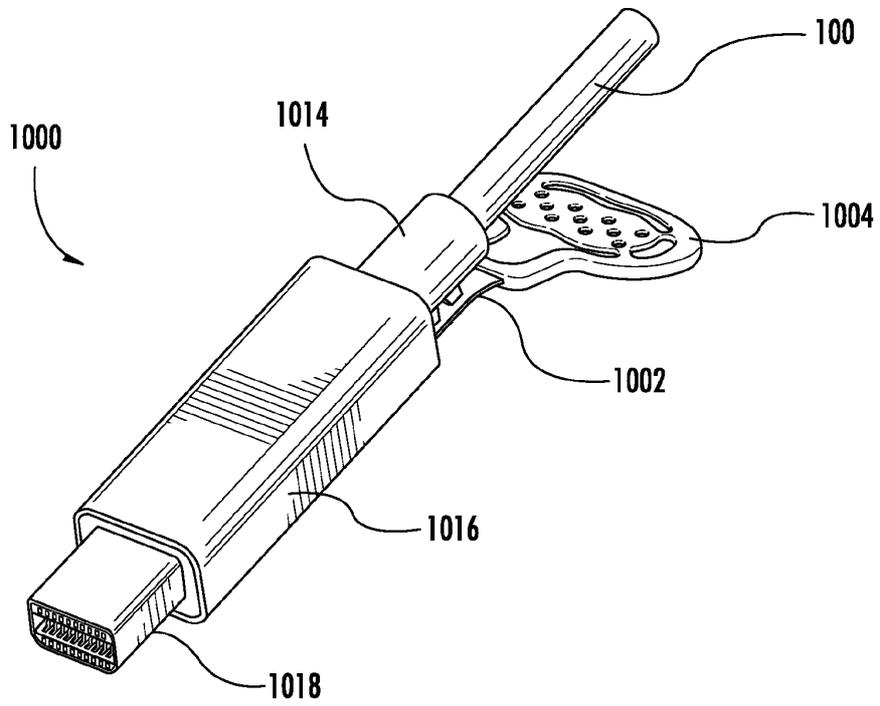


FIG. 21

