

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 473 272**

51 Int. Cl.:

**G02B 6/32** (2006.01)

**G02B 6/38** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.07.2006 E 06762603 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.06.2014 EP 1910877**

54 Título: **Conjunto óptico para acoplamiento y desacoplamiento repetitivos**

30 Prioridad:

**19.07.2005 SE 0501711**  
**19.07.2005 US 700315 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**04.07.2014**

73 Titular/es:

**GIGACOM INTERCONNECT AB (100.0%)**  
**Säterigatan 23**  
**417 64 Gothenburg , SE**

72 Inventor/es:

**JACOBSSON, CLAES**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 473 272 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

Conjunto óptico para acoplamiento y desacoplamiento repetitivos

## 5 Campo de la Invención

La presente invención se refiere a conjuntos ópticos, por ejemplo, a conjuntos ópticos para el acoplamiento de fibras ópticas entre sí y para la conexión de fibras ópticas a aparatos de datos. Además, la presente invención se refiere también a métodos para fabricar tales conjuntos ópticos. La invención se refiere, por otra parte, a acopladores y a aparatos que incluyen tales conjuntos ópticos.

10

## Antecedentes de la Invención

Se conoce el hecho de que las fibras ópticas actuales tienen núcleos ópticos relativamente pequeños, a menudo tan solo de unos pocos micrómetros de diámetro exterior, y un revestimiento óptico exterior que tiene un diámetro del orden de los centenares de micrómetros, como diámetro exterior, y una diferencia de índices de refracción entre los núcleos ópticos y sus revestimientos ópticos correspondientes que proporciona a tales fibras ópticas actuales propiedades de guiado de la luz destinadas a transportar a lo largo de estas radiación óptica que porta información. Tales propiedades de guiado de la luz se emplean extensamente dentro de los modernos sistemas de telecomunicación. Semejante diámetro exterior relativamente pequeño de los núcleos ópticos hace que tales fibras, especialmente las fibras de un único modo, o monomodo, que tienen un diámetro exterior de sustancialmente 9 micrómetros, resulten potencialmente difíciles de alinearse entre sí y, por ello, representa un problema a la hora de asegurar un acoplamiento eficiente de la energía óptica entre ellas. Si bien tal acoplamiento puede conseguirse mediante el uso de manguitos de empalme de zirconio de precisión para un contacto a tope mutuo de precisión de las fibras, se encuentran problemas prácticos en la práctica, especialmente en lo que respecta a la contaminación con partículas y a la condensación.

25

Se han propuesto diversas soluciones para hacer las fibras ópticas más fáciles de acoplar entre sí. Por ejemplo, en la Solicitud de Patente Internacional PCT publicada con el nº PCT/US02/23700 (WO 03/010564) se describe un sistema conector de haz expandido que se ilustra, en una vista en corte transversal, en la Figura 1. El sistema indicado generalmente por la referencia 10 comprende un manguito tubular de alineamiento de precisión 20, que tiene unos primer y segundo extremos 30a, 30b. Unos primer y segundo manguitos de empalme 40a, 40b se encuentran acomodados en los primer y segundo extremos 30a, 30b, respectivamente, del manguito 20 y se extienden al interior del manguito 20, como se ilustra. Los primer y segundo manguitos de empalme 40a, 40b incluyen, en su interior, unas primera y segunda lentes de colimación 50a, 50b, respectivamente. Además, se ha permitido que quede una región de espacio libre 60 entre las primera y segunda lentes 50a, 50b, sustancialmente en una porción central del manguito 20. En las caras 70a, 70b de las lentes 50a, 50b, más alejadas de la región de espacio libre 60, el manguito 20 proporciona soporte para que unas primera y segunda fibras ópticas 80a, 80b contacten a tope con las primera y segunda lentes 50a, 50b, respectivamente, de tal manera que cada una de estas fibras 80a, 80b incluye un núcleo óptico central 82a, 82b y un revestimiento óptico correspondiente 84a, 84b, en torno a ella. En funcionamiento, la radiación óptica que es guiada sustancialmente a lo largo del núcleo 82a de la primera fibra 80a, se propaga a través de la primera lente 50a, de tal manera que la radiación óptica se conforma a modo de un haz sustancialmente colimado 90 cuyo diámetro es considerablemente mayor que el del núcleo 82a de la primera fibra 50a. El haz colimado 90 se propaga a través de la región de espacio libre 60 antes mencionada, para ser recibido por la segunda lente 50b, la cual es susceptible de hacerse funcionar para enfocar la radiación en un punto focal en el que se ha situado el núcleo 82b de la segunda fibra 80b. La radiación recibida en el núcleo 82b de la segunda fibra 80b prosigue al propagarse a lo largo de la segunda fibra 80b. El sistema conector de haz expandido 10 anteriormente mencionado es capaz de acoplar radiación óptica de uno a otro tipos de fibra óptica. Es más, el sistema conector 10 se ha configurado para manejar señales ópticas con una potencia relativamente elevada. Un beneficio proporcionado por el sistema 10 conector de haz es que la radiación óptica que se propaga por la región de espacio libre 60 es transportada por medio de un haz de un diámetro exterior relativamente grande, por ejemplo, de varios centenares de micrómetros de diámetro exterior, lo que hace que el ajuste de las primera y segunda fibras 80a, 80b sea relativamente menos crucial a la hora de asegurar un acoplamiento eficiente de la radiación desde la primera fibra 80a a la segunda fibra 80b, y viceversa. El primer manguito de empalme 40a hace posible la colocación mutua tanto de la primera fibra 80a como de su primera lente de colimación correspondiente 50a. De forma similar, el segundo manguito de empalme 40b hace posible la colocación mutua tanto de la segunda fibra 80b como de su segunda lente de colimación correspondiente 50b. El manguito de alineamiento de precisión 20 hace posible el alineamiento mutuo relativo de los primer y segundo manguitos de empalme 40a, 40b. Durante el uso, el haz colimado 90 hace que el alineamiento mutuo de los primer y segundo manguitos de empalme 40a, 40b sea menos crucial. Las fibras 80a, 80b y sus lentes asociadas 50a, 50b, junto con sus manguitos de empalme 40a, 40b, están fijadas entre sí y no son susceptibles de ser desensambladas tras haber sido inicialmente fabricadas. Sin embargo, los manguitos de empalme 40a, 40b son susceptibles de ser encajados en el tubo 20 y desencajados de este en uso.

60

Un ejemplo adicional de una solución actual para acoplar radiación óptica de una primera fibra óptica a una segunda fibra óptica, en una conexión óptica, se describe en la Patente del Reino Unido publicada con el nº GB 2.145.534. La conexión óptica incluye unas primera y segunda lentes esféricas dispuestas contactando a tope con caras de

65

colocación gradualmente estrechadas correspondientes, de unos primer y segundo miembros interiores. En la conexión óptica, las lentes esféricas son retenidas en una disposición separada mutuamente una de otra, de manera que se proporciona entre ellas una región de propagación de la radiación. Los primer y segundo miembros también incluyen unas cavidades gradualmente estrechadas, destinadas a recibir los extremos de las primera y segunda fibras ópticas. Los primer y segundo miembros contactan a tope, por medio de caras gradualmente estrechadas, sobre unos primer y segundo miembros gradualmente estrechados correspondientes. Además, los primer y segundo miembros gradualmente estrechados están alojados dentro de un miembro tubular. En funcionamiento, el miembro tubular garantiza que los primer y segundo miembros interiores se colocan correctamente para que sus lentes y fibras queden separadas correctamente entre sí y en alineamiento mutuo. La conexión óptica funciona de una manera sustancialmente similar al sistema conector de haz expandido anteriormente mencionado. Sin embargo, la conexión óptica emplea muchas partes componentes de precisión y únicamente se encarga del ajuste de una distancia entre las lentes esféricas, a saber, una longitud axial de la región de propagación de radiación proporcionada entre las lentes esféricas. El alineamiento lateral preciso de las fibras ópticas con sus correspondientes lentes viene proporcionado inherentemente por el uso de las cavidades gradualmente estrechadas y las caras gradualmente estrechadas de los primer y segundo miembros gradualmente estrechados, y de caras gradualmente estrechadas correspondientes de los primer y segundo miembros interiores. La conexión óptica resulta, por ello, potencialmente cara de fabricar, habida cuenta del número relativamente grande de partes de precisión que es necesario fabricar de manera precisa y ensamblar mutuamente a continuación. Es más, la conexión óptica está configurada para acoplar entre sí fibras de múltiples modos, o multimodo, cuyos núcleos ópticos centrales tienen un diámetro del orden de 50 micrómetros. La conexión óptica es inadecuada para el acoplamiento entre sí de fibras monomodo, fibras que tienen un diámetro del núcleo óptico del orden de 9 micrómetros, habida cuenta de la excesiva precisión con la que la partes componentes de la conexión óptica tendrían que fabricarse.

De esta forma, el sistema conector de haz expandido anteriormente mencionado no permite el desacoplamiento de sus fibras ópticas de sus respectivas lentes durante el uso, y la conexión óptica es compleja y potencialmente cara de fabricar, habida cuenta de los componentes de precisión que se requieren para su fabricación.

Ejemplos adicionales de sistemas conocidos incluyen la Patente japonesa nº 58 182611, que divulga una solución para asegurar y liberar un cable óptico que tiene un conector óptico.

La Patente de los EE.UU. nº 6.071.016 divulga un conjunto óptico de telecomunicación que comprende una disposición de fibra óptica susceptible de hacerse funcionar para recibir de forma liberable una fibra óptica terminada en un manguito de empalme, así como una disposición de lente, de tal manera que dicha disposición de fibra óptica comprende una sección adaptadora de fibras y dicha disposición de lente comprende una lente.

#### Sumario de la Invención

Es un propósito de la presente invención proporcionar un conjunto óptico que sea susceptible de hacerse funcionar para proporcionar un haz colimado de radiación y que requiera un menor número de componentes de precisión en su fabricación y, con todo, haga posibles un acoplamiento y un desacoplamiento repetitivos de su fibra óptica asociada.

Es un propósito adicional de la invención proporcionar un método para fabricar tal conjunto óptico que requiere un menor número de componentes de precisión.

Aún otro propósito adicional es proporcionar sistemas y acopladores ópticos que incluyan uno o más de tales conjuntos ópticos.

De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un conjunto óptico según se define por la reivindicación 1.

La invención es ventajosa por cuanto el conjunto óptico es susceptible de ser liberado de su fibra óptica asociada, y el conjunto óptico hace posible, de manera adicional, el ajuste de la posición de la disposición de fibra con respecto a la disposición de lente, lo que hace que el conjunto óptico sea más inmediato de fabricar y de emplear en la práctica.

La configuración de los elementos es susceptible de hacerse funcionar para hacer posible un ajuste independiente de la posición lateral relativa entre la disposición de fibra óptica y la disposición de lente, en relación con la posición axial de la disposición de fibra óptica con respecto a la disposición de lente. Opcionalmente, el conjunto se ha dispuesto de tal manera que dicho ajuste de posición lateral relativa se proporciona al dotarse una pluralidad de los elementos de superficies en contacto a tope mutuo, dispuestas de tal manera que dan acomodo a un ajuste lateral de la disposición de fibra con respecto a la disposición de lente. Tales superficies en contacto a tope hacen posible un ajuste cómodo de la posición lateral relativa.

Opcionalmente, el conjunto se ha dispuesto de tal manera que dicho ajuste de posición axial relativa se proporciona

al dotarse una pluralidad de los elementos de superficies en contacto a tope mutuo, dispuestas de manera tal, que dan acomodo a un ajuste axial de la disposición de fibra con respecto a la disposición de lente. Tales superficies en contacto a tope hacen posible un ajuste cómodo de la posición axial relativa.

- 5 Opcionalmente, el conjunto se ha dispuesto de modo tal, que al menos una porción de las superficies en contacto a tope mutuo son accesibles en una región exterior del conjunto para permitir un ajuste de la posición axial cuando el conjunto se encuentra en un estado ensamblado. Semejante realización práctica permite que el conjunto sea ajustado cuando está en un estado ensamblado.
- 10 Opcionalmente, el conjunto se ha dispuesto de un modo tal, que al menos una porción de las superficies en contacto a tope mutuo son accesibles en una región exterior del conjunto con el fin de permitir un ajuste de la posición axial relativa cuando el conjunto se encuentra en estado ensamblado. Tal implementación hace posible que el conjunto sea ajustado cuando está en un estado ensamblado.
- 15 Más opcionalmente, el conjunto se ha dispuesto de tal manera que la porción de las superficies en contacto a tope mutuo está dispuesta con el fin de hacer posible una inmovilización relativa de las superficies en contacto a tope para hacer permanente una colocación relativa dada de la disposición de lente con respecto a la disposición de fibra. Aún más opcionalmente, los elementos se han fabricado de materiales susceptibles de ser fundidos o unidos para conseguir dicha inmovilización relativa.
- 20 Opcionalmente, el conjunto se ha dispuesto de un modo tal, que los elementos son fabricados de uno o más de entre metal, material plástico, cerámico, material sinterizado, vidrio, sílice, zafiro y materiales con propiedades ópticamente refractivas.
- 25 La disposición de fibra comprende una sección adaptadora de fibras, dispuesta espacialmente entre la disposición de lente y una fibra óptica con un manguito de empalme asociado para transportar la radiación hacia y/o desde el conjunto. La sección adaptadora de fibras resulta beneficiosa por cuanto define una posición para proporcionar radiación a la disposición de lente, o para recibir radiación desde la disposición de lente, que es espacialmente estable con respecto a la disposición de lente, de forma sustancialmente independiente de que las fibras ópticas repetitivamente se encajen en / desencajen del conjunto óptico.
- 30 Opcionalmente, en el conjunto óptico, un extremo de la disposición de fibra situado de cara a dicha disposición de lente está espacialmente separado con respecto a la misma, a saber, no en contacto a tope con ella, a fin de proporcionar un diámetro aumentado al haz de radiación. El hecho de incluir un espacio entre el extremo de la disposición de fibra y la disposición de lente, es capaz de dar como resultado un mayor diámetro de haz, especialmente cuando se emplea una lente esférica en la disposición de lente.
- 35 Alternativamente, en el conjunto óptico, un extremo de la disposición de fibra situado de cara a dicha disposición de lente se dispone en contacto a tope con la disposición de lente. Semejante contacto a tope es capaz de hacer que el conjunto sea menos crítico ante el ajuste automático durante la fabricación.
- 40 Opcionalmente, en el conjunto, los elementos se han configurado para hacer posibles ciclos repetitivos de encaje / desencaje de la fibra óptica con su manguito de empalme asociado, con respecto a la sección adaptadora de fibras, al tiempo que se asegura un alineamiento axial de los mismos para permitir que la radiación óptica sea sustancialmente acoplada entre ellos. Semejante característica hace que el conjunto óptico sea susceptible de ser desacoplado de forma repetitiva de su fibra óptica.
- 45 Opcionalmente, en el conjunto, al menos una de entre la disposición de lente y la sección adaptadora de fibras está provista de revestimientos antirreflectantes para reducir la reflexión óptica en ella. Tales revestimientos antirreflectantes son capaces de reducir la pérdida de transmisión óptica a través del conjunto óptico, por ejemplo, a menos de 1 dB.
- 50 Opcionalmente, el conjunto comprende, de manera adicional, un aislador óptico dispuesto ópticamente en serie con la disposición de fibra y con la disposición de lente.
- 55 Opcionalmente, en el conjunto, la sección adaptadora de fibras está provista de caras ópticas de extremo pulidas, cuyos planos son sustancialmente perpendiculares con respecto a un eje óptico central de la sección adaptadora de fibras. Semejante pulido ayuda a reducir las pérdidas de transmisión óptica a través del conjunto óptico y las pérdidas de retorno.
- 60 Opcionalmente, en el conjunto, la sección adaptadora de fibras está provista de una o más caras ópticas de extremo formadas oblicuamente, cuyos planos son sustancialmente no perpendiculares con respecto a un eje óptico central de la sección adaptadora de fibras. Tales caras de extremo oblicuas son capaces de reducir la ocurrencia, en funcionamiento, de reflexiones ópticas dentro del conjunto óptico. Más opcionalmente, las una o más caras de extremo ópticas oblicuamente formadas subtienden un ángulo de sustancialmente 90° con respecto a una
- 65

perpendicular a un eje óptico central de la sección adaptadora de fibras.

5 Opcionalmente, en el conjunto, la disposición de lente comprende al menos una de entre una lente esférica, una lente esférica de bola, una configuración que comprende una pluralidad de lentes, y una lente de índice de refracción graduado.

Más opcionalmente, en el conjunto óptico:

- 10 (a) la disposición de lente comprende una lente esférica o de bola;  
 (b) la disposición de fibra comprende una sección adaptadora de fibras que tiene un manguito de empalme exterior, de tal modo que dicha sección adaptadora de fibras y su manguito de empalme son susceptibles de hacerse funcionar para montarse dentro de un manguito divisorio y ser fijados a un primer elemento de una configuración de elementos;  
 15 (c) la configuración de elementos incluye un segundo elemento de la misma, el cual es susceptible de hacerse funcionar para soportar la lente esférica o de bola y funcionar en cooperación con un tercer elemento con el fin de hacer posible el ajuste axial del conjunto durante su fabricación; y  
 (d) la configuración de elementos se ha dispuesto de tal manera que los primer y tercer elementos funcionan en cooperación para hacer posible un ajuste lateral del conjunto durante su fabricación.

20 De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención, se proporciona un acoplador óptico que comprende una pluralidad de conjuntos ópticos, de tal modo que cada conjunto óptico es de conformidad con el primer aspecto de la invención, habiéndose dotado el acoplador óptico de una pluralidad de fibras ópticas destinadas a transportar radiación óptica hacia y/o desde el mismo a través de la pluralidad de conjuntos ópticos.

25 De acuerdo con un tercer aspecto de la presente invención, se proporciona una red de conmutación óptica que comprende una pluralidad de conjuntos ópticos, de tal manera que cada conjunto óptico es de acuerdo con el primer aspecto de la invención, habiéndose dotado dicha pluralidad de conjuntos ópticos de una disposición de apuntamiento de haz para orientar las direcciones de los haces colimados de radiación, en funcionamiento, por medio de dicha pluralidad de conjuntos ópticos, con lo que se dirige selectivamente la radiación óptica a través de uno o más de dichos conjuntos y, por medio de estos, selectivamente a través de la red.

30 De acuerdo con un cuarto aspecto de la presente invención, se proporciona un sistema que comprende uno o más de entre elementos de chasis, placas de tratamiento y cuadros de placa posterior, de tal manera que dicho sistema incluye uno o más conjuntos de acuerdo con el primer aspecto de la invención, destinados a acoplar radiación óptica entre uno o más de entre los elementos de chasis, las placas de tratamiento, los cuadros de placa posterior, y hacia un entorno exterior a los mismos.

40 De acuerdo con un quinto aspecto de la invención, se proporciona un método de ajuste del alineamiento relativo de una disposición de lente con respecto a una disposición de fibra de un conjunto óptico, según se define por la reivindicación 24.

45 De acuerdo con un sexto aspecto de la invención, se proporciona un método para ajustar el alineamiento relativo de una disposición de lente con respecto a una disposición de fibra de un conjunto óptico, según se define por la reivindicación 25.

Opcionalmente, los métodos anteriormente mencionados comprenden una etapa adicional consistente en inmovilizar mutuamente los elementos ajustados para un ajuste fijo del conjunto. Más opcionalmente, tal inmovilización mutua implica fusionar o unir entre sí los elementos de ajuste. Aún más opcionalmente, los métodos anteriormente mencionados se llevan a la práctica automáticamente.

50 Se apreciará que ciertas características de la invención son susceptibles de combinarse en cualquier combinación, sin apartarse del alcance de la invención, según se define por las reivindicaciones que se acompañan.

Descripción de los dibujos

55 A modo de ejemplo únicamente, se describirán a continuación realizaciones de la presente invención con referencia a los dibujos que se acompañan, en los cuales:

- 60 La Figura 1 es una ilustración esquemática y en corte transversal de un tipo conocido de sistema conector de haz expandido;  
 La Figura 2 es una ilustración esquemática y en corte transversal de un conjunto óptico de acuerdo con la presente invención;  
 La Figura 3 es una vista exterior esquemática de una porción del conjunto óptico de la Figura 2;  
 La Figura 4 es una ilustración esquemática de un elemento de alojamiento destinado a utilizarse con el conjunto óptico de la Figura 2;  
 65 Las Figuras 5a, 5b y 5c son ilustraciones esquemáticas de acopladores ópticos destinados a acoplar

radiación óptica entre fibras ópticas, de tal manera que los acopladores incluyen conjuntos ópticos de un tipo según se ha ilustrado en la Figura 2;

La Figura 6 es una ilustración esquemática de una red de conmutación óptica para acoplar selectivamente radiación óptica entre fibras ópticas, de tal modo que la red incluye una pluralidad de conjuntos ópticos de un tipo según se ha ilustrado en la Figura 2; y

La Figura 7 es una ilustración esquemática de un sistema que comprende un chasis y una pluralidad de placas de tratamiento y cuadros de placa posterior, de tal modo que el sistema óptico incluye conjuntos ópticos de un tipo que se ha ilustrado en la Figura 2, destinados a acoplar radiación óptica dentro del sistema y externamente al mismo.

#### Descripción de realizaciones de la Invención

En la Figura 2 se ilustra una realización de un conjunto óptico de acuerdo con la presente invención, habiéndose indicado el conjunto generalmente por la referencia 100 y siendo también conocido como un Subconjunto Óptico de Haz Expandido (EBOSA –“Expanded Beam Optical Sub Assembly”–). El conjunto (EBOSA) 100 es susceptible de ser empleado para implementar un conector de haz expandido, y también para implementar un enlace de comunicación por el espacio libre, susceptible de ser utilizado en situaciones de campo en las que no se dispone de un aparato de alineamiento de precisión. El conjunto 100 comprende un soporte exterior 110 de lente, sustancialmente de forma tubular, de tal manera que el soporte 110 de lente tiene una primera porción 115 con una pared relativamente más gruesa para recibir una lente 120 en su interior, y una segunda porción 125 con una pared relativamente más delgada para recibir un manguito 130 de alineamiento con el eje z. Una transición escalonada 140 se ha proporcionado en una superficie interior del soporte 110 de lente, de tal manera que la transición escalonada 140 distingue la primera porción 115 de la segunda porción 125. La transición escalonada 140 es también capaz de evitar que el manguito 130 de alineamiento con el eje z se haga avanzar excesivamente dentro del soporte 110 de lente. Una superficie exterior 150 del soporte 110 de lente es susceptible de hacerse funcionar para proporcionar una superficie de referencia exterior para el conjunto 100, como se elucidará con mayor detalle más adelante.

El manguito 130 de alineamiento con el eje z es de una forma generalmente tubular y tiene una primera porción 160 que es relativamente más gruesa con el fin de dotar al manguito 130 de alineamiento con el eje z de rigidez y para proporcionar un orificio, como se ha ilustrado. Es más, el manguito 130 de alineamiento con el eje z tiene, adicionalmente, una segunda porción 165 que es relativamente más delgada. Se ha proporcionado una transición escalonada 170 entre las primera y segunda porciones 160, 165 del manguito 130 de alineamiento con el eje z. El manguito 130 de alineamiento con el eje z tiene, adicionalmente, formada en él, una superficie de referencia de extremo 175 en un borde periférico extremo de la segunda porción 165. El manguito 130 de alineamiento con el eje z se ha dispuesto para recibir un soporte 200 de sección adaptadora de fibras, de una forma generalmente tubular. El soporte 200 de sección adaptadora de fibras incluye una primera porción 210 cuya superficie interior constituye un elemento de ajuste de precisión destinado a recibir un manguito de empalme de zirconio 222 de una sección 220 adaptadora de fibras, y cuya superficie exterior se ha fabricado intencionadamente de manera que sea más pequeña, en diámetro exterior, que una superficie interior de la segunda porción 165 del manguito 130 de alineamiento con el eje z. El soporte 200 de sección adaptadora incluye una segunda porción 225 cuyo diámetro interior es mayor que el de la sección 220 adaptadora de fibras con el fin de proporcionar espacio para dar acomodo a una porción de extremo de un manguito divisorio 230. El soporte 200 de sección adaptadora incluye, de manera adicional, una tercera porción 235 de tal manera que una transición de la segunda porción 225 a la tercera porción 235 proporciona un escalón interno 240 y un escalón externo 245; los escalones interno y externo 240, 245 se encuentran escalonados, como se ilustra, para dotar al soporte 200 de sección adaptadora de la suficiente rigidez en la transición. El escalón externo 245 se ha dispuesto de manera que contacta a tope con la superficie de referencia de extremo 175. Por otra parte, el escalón externo 245 es susceptible de hacerse funcionar para cooperar con la superficie de referencia de extremo 175, para que así el soporte 200 de sección adaptadora sea susceptible de ser desplazado lateralmente en direcciones denotadas por x e y en un sistema cartesiano de ejes de referencia 250; la dirección lateral y es ortogonal al plano de la Figura 2, en tanto que la dirección lateral x se encuentra dentro del plano de la Figura 2. Similarmente, el manguito 130 de alineamiento con el eje z se ha dispuesto de tal manera que constituya un elemento de ajuste deslizante al interior de la segunda porción 125 del soporte 110 de lente, por lo que el manguito 130 de alineamiento con el eje z es susceptible de ser ajustado en posición con respecto al soporte 110 de lente, produciéndose dicho ajuste de posición a lo largo de una dirección axial denotada por z en el sistema de ejes de referencia 250.

La tercera porción 235 del soporte 200 de sección adaptadora incluye una superficie interior destinada a recibir una superficie exterior de porción de extremo de una semienvuelta 260, cuya primera porción 265, situada en su terminal extremo, es susceptible de hacerse funcionar para contactar a tope con el escalón interno 240 y también para proporcionar protección mecánica para el manguito divisorio 230 antes mencionado. El manguito divisorio 230 constituye, sin embargo, un elemento de ajuste suelto, o flojo, dentro de la semienvuelta 260 y el soporte 200 de sección adaptadora. Opcionalmente, la superficie interior de la tercera porción 235 y una superficie exterior de la semienvuelta 260 pueden incluir una o más características para asegurar una retención mecánica fiable de la semienvuelta 260 dentro del soporte 200 de sección adaptadora, por ejemplo, filetes de rosca o barbas en cooperación mutua. La primera porción 265 de la semienvuelta 260 proporciona un cierto grado de protección

mecánica al manguito divisorio 230 y, con ello, proporciona también protección para la sección 220 adaptadora de fibras. La semienvuelta 260 también incluye una segunda porción 270 que tiene una pared más gruesa que la de la primera porción 265, por lo que define una transición escalonada 275 susceptible de hacerse funcionar para retener el manguito divisorio 230 a modo de ajuste suelto en el interior de la semienvuelta 260. La segunda porción 270 define un orificio de un diámetro ligeramente más grande que un diámetro interior del manguito divisorio 230. El manguito divisorio 230 es capaz de recibir una fibra óptica 300, de tal modo que la fibra óptica 300 se proporciona en su extremo susceptible de ser acoplado al conjunto 100 con un manguito de empalme exterior de zirconio 305 que constituye un elemento de ajuste de precisión dentro del manguito divisorio 230. El manguito divisorio 230 es, por tanto, susceptible de hacerse funcionar para proporcionar un alineamiento altamente preciso de la fibra óptica 300 con la sección 220 adaptadora de fibras, de tal manera que sus núcleos ópticos se alinean correctamente hasta una precisión potencial por debajo de las micras, a fin de garantizar un acoplamiento óptico eficiente de la radiación entre los mismos.

El soporte 110 de lente, el manguito 130 de alineamiento con el eje z, el soporte 200 de sección adaptadora, el manguito divisorio 230 y la semienvuelta 260 se fabrican, opcionalmente, de al menos uno de entre: metal, material plástico, cerámico, material sinterizado, vidrio, sílice, zafiro y materiales con propiedades ópticamente refractivas. Opcionalmente, el soporte 110 de lente, el manguito 130 de alineamiento con el eje z, el soporte 200 de sección adaptadora y la semienvuelta 160 se fabrican de uno o más metales con el fin de asegurar su estabilidad mecánica y también, como se elucidará más adelante, para permitir la soldadura con láser de uno o más de los mismos. Opcionalmente, el manguito 130 puede fabricarse de un material sinterizado o de un material cerámico, por ejemplo, zirconio. La lente 120 es susceptible de ser implementada como una lente esférica, si bien pueden emplearse, opcionalmente, otros tipos de lentes; estos otros tipos de lentes incluyen uno o más de entre una lente de índice graduado y una lente esférica. Más opcionalmente, la lente 120 puede dotarse de un revestimiento antirreflectante con el fin de reducir las reflexiones ópticas que se producen entre la sección 220 adaptadora de fibras y la lente 120. Opcionalmente, al menos uno de entre un lado anterior y un lado posterior de la lente 120 incluye un revestimiento antirreflectante sobre el mismo. Similarmente, un extremo expuesto, o al descubierto, de la sección 220 adaptadora de fibras, presentado hacia la lente 120, puede estar pulido y, opcionalmente, provisto de un revestimiento antirreflectante. Como variante opcional adicional del conjunto 100, al menos uno de los extremos de la sección 220 adaptadora de fibras puede haberse clavado o conformado de otra manera hasta formar una superficie oblicua con respecto a un eje central paralelo a un núcleo óptico 285 de la sección 220 adaptadora de fibras; tales superficies oblicuas se han representado por líneas de puntos y trazos 310 en la Figura 2 y están, opcionalmente, formando un ángulo comprendido en un intervalo entre  $5^\circ$  y  $15^\circ$  con respecto a una perpendicular al eje central paralelo al núcleo óptico 285. Más opcionalmente, el ángulo oblicuo es sustancialmente de  $9^\circ$ . La sección 220 adaptadora de fibras puede haberse configurado ya sea para contactar a tope, por uno de sus extremos, con la lente 120, ya sea para que exista un espacio libre entre la sección 220 adaptadora de fibras y la lente 120. Tal contacto a tope es beneficioso cuando la lente 120 se implementa como una lente de bola. Por lo demás, dicho espacio libre es beneficioso cuando la lente 120 se implementa como una lente esférica.

En funcionamiento, la radiación óptica transportada por medio de la fibra óptica 300 es acoplada desde un núcleo central de la fibra 300 hacia, sustancialmente, el núcleo 285 de la sección 220 adaptadora de fibras y a través de este, para ser emitida desde el núcleo 285, de una manera divergente, hacia la lente 120. La lente 120, a su vez, es capaz de funcionar para refractar la radiación recibida en la misma desde el núcleo 285 y, con ello, generar un haz sustancialmente colimado de radiación para su emisión desde la lente 120, como se ilustra. Se apreciará que el conjunto 100 es también susceptible de hacerse funcionar para acoplar la radiación sustancialmente colimada recibida en la lente 120 a través de la sección 220 adaptadora de fibra, dentro de la fibra óptica 300. Opcionalmente, la lente 120 puede ser complementada con uno o más componentes ópticos adicionales 320, 330. Los componentes ópticos adicionales 320, 330 pueden incluir uno o más de entre un filtro óptico, un aislador óptico y una ventana óptica. Más opcionalmente, los componentes ópticos pueden incluir revestimientos antirreflectantes (AR). Es más, una o más superficies de la lente 120 pueden haberse revestido de forma antirreflectante.

La implementación del conjunto 100 según se ilustra en la Figura 2 es beneficiosa por cuanto las interfaces deslizantes entre el soporte 110 de lente y el manguito 130 de alineamiento con el eje z, así como entre el manguito 130 de alineamiento con el eje z y el soporte 200 de sección adaptadora, son cómodamente accesibles en una región exterior del conjunto 100. Tal accesibilidad se ha ilustrado de manera adicional en la Figura 3, en la cual se ha proporcionado una primera interfaz accesible 400 entre el soporte 110 de lente y el manguito 130 de alineamiento con el eje z, y se ha proporcionado una segunda interfaz accesible 410 entre el manguito 130 de alineamiento con el eje z y el soporte 200 de sección adaptadora. Una interfaz adicional 420 concierne a la posición relativa del soporte 200 de sección adaptadora con respecto a la semienvuelta 260. Operaciones tales como la soldadura por láser u otras medidas de inmovilización tales como la unión por adhesivo, el rebordeado mecánico, la soldadura por rozamiento, la soldadura por corriente eléctrica aplicada a las interfaces 400, 410 durante la fabricación del conjunto 100, tras el ajuste relativo del soporte 110 de lente, el manguito 130 de alineamiento con el eje z y el soporte 200 de sección adaptadora, garantizan que se exhiben por el conjunto 100 el alineamiento y las propiedades de colimación deseados, y garantizan que el conjunto 100 continúa exhibiendo, de forma estable, las propiedades ópticas deseadas cuando se está utilizando sobre el terreno.

La inmovilización en la interfaz 400, por ejemplo, por soldadura con láser, es capaz de definir una separación deseada de la sección 220 adaptadora de fibras con la lente 120, con lo que se garantiza que el conjunto 100 es susceptible de hacerse funcionar para proporcionar un haz colimado de radiación óptica, o recibir de forma eficiente un haz colimado de radiación. Es más, la inmovilización en la interfaz 410, por ejemplo, por soldadura por láser, es capaz de definir un alineamiento lateral deseado de la sección 220 adaptadora de fibras con la lente 120, por lo que se garantiza que se emite un haz colimado desde la lente 120 sustancialmente a lo largo de un eje principal de la lente 120. De esta forma, el conjunto 100 permite un ajuste independiente del alineamiento lateral y del foco de colimación durante la fabricación, así como una fijación directa del ajuste por medio del acceso a las interfaces 400, 410. Tales características del conjunto 100 hacen posible que se lleve a cabo un ajuste automático en la fabricación, de tal modo que se lleva a cabo inicialmente, de forma opcional, el ajuste de alineamiento lateral, seguido del ajuste de colimación, tras ello. Las tolerancias de fabricación de las partes componentes del conjunto 100 son, por tanto, menos cruciales en comparación con los acopladores ópticos actuales conocidos, ya que estas tolerancias pueden ser compensadas durante el ajuste del conjunto 100 en el curso de su fabricación. Potencialmente, el conjunto 100 es capaz de proporcionar un alta capacidad de producción en su fabricación.

Se describirán a continuación las dimensiones de las partes componentes del conjunto. El soporte 110 de lente tiene, opcionalmente, una longitud axial comprendida en un intervalo entre 3 milímetros y 10 milímetros, más opcionalmente de 5 milímetros sustancialmente. Es más, el soporte 110 de lente tiene, opcionalmente, un diámetro exterior, a saber, perteneciente a la superficie de referencia 150, comprendido en un intervalo entre 2 milímetros y 6 milímetros, más opcionalmente de 3,5 milímetros sustancialmente. La semienvuelta 260 tiene, opcionalmente, un diámetro exterior comprendido en un intervalo entre 2 milímetros y 4 milímetros, más opcionalmente de 2,5 milímetros sustancialmente. Por otra parte, el conjunto 100 tiene, opcionalmente, una longitud axial global, desde una superficie de extremo distante del soporte 110 de lente hasta un extremo distante de la semienvuelta 260, comprendida en un intervalo entre 8 milímetros y 15 milímetros, más opcionalmente de 12 milímetros sustancialmente. Cuando la lente 120 se realiza en la práctica como una lente de bola, a saber, como una lente esférica, la lente de bola tiene, opcionalmente, un diámetro comprendido en un intervalo entre 1 milímetro y 5 milímetros, más opcionalmente de 3 milímetros sustancialmente. De manera opcional, la lente 120 puede ser realizada en la práctica como una pluralidad de lentes, por ejemplo, para hacer posible que el conjunto 100 proporcione un haz colimado, en funcionamiento desde la lente 120, que es mayor en diámetro, en comparación con el diámetro de haz que se puede conseguir cuando se emplea simplemente una única lente. Se apreciará, sin embargo, que son factibles otras dimensiones físicas para las partes componentes del conjunto 100, las cuales han de ser interpretadas como comprendidas dentro del alcance de la presente invención, según se define por las reivindicaciones que se acompañan.

La sección 220 adaptadora de fibras tiene un diámetro exterior de sustancialmente 1,25 milímetros, a saber, una dimensión normalizada que se emplea en los conectadores ópticos LC y MU actuales. Alternativamente, la sección 220 adaptadora de fibras puede tener un diámetro exterior de sustancialmente 2,5 milímetros, a saber, una dimensión normalizada que se emplea en los conectadores ópticos FC, ST y SC actuales. La lente 120 es susceptible de hacerse funcionar para proporcionar un haz colimado de radiación desde la misma que tiene un diámetro sustancialmente del orden de 14 veces mayor que sustancialmente un diámetro del núcleo 285 de la sección 220 adaptadora de fibras cuando la sección 220 adaptadora de fibras se ha configurado para la propagación de radiación óptica multimodo a su través; tal incremento en 14 veces corresponde a un aumento del área del haz de sustancialmente 200 veces. Y a la inversa, cuando la sección 220 adaptadora de fibras se ha configurado para la propagación de radiación óptica monomodo a su través, un haz colimado de radiación emitido desde la lente 120 en funcionamiento, es más de 45 veces mayor que sustancialmente el diámetro del núcleo 285, de tal manera que dicho aumento en 45 veces corresponde a un incremento del área del haz de sustancialmente 2.000 veces. Tales incrementos del área del haz hacen que el conjunto 100 sea más fácil de alinear con otros conjuntos similares y menos sensible a los cambios de temperatura y a la contaminación. Por ejemplo, el conjunto 100 es capaz, en funcionamiento, de proporcionar un haz colimado desde la lente 120 de un modo tal, que el haz tiene un diámetro comprendido en un intervalo entre 0,8 milímetros y 1,2 milímetros, que es considerablemente mayor que el proporcionado por las disposiciones actuales de la técnica anterior, según se han descrito en lo anterior. Tales características proporcionan al conjunto 100 un comportamiento mejorado cuando se emplea en entornos sobre el terreno.

Haciendo referencia a la Figura 4, la fibra 300 y su manguito de empalme asociado 305 están provistos, opcionalmente, de un alojamiento de retención indicado generalmente por la referencia 450. El manguito de empalme 305 se extiende hacia atrás desde un extremo de la fibra 300 ofrecido, en funcionamiento, a la sección 220 adaptadora de fibras, de tal manera que el manguito de empalme 305 termina en un elemento de collar 455 de un diámetro exterior más ancho que el del manguito de empalme 305, tal como se ilustra. El alojamiento de retención 450 también comprende un elemento de alojamiento 460 que incluye un extremo en forma de tuerca 465 que incluye un orificio a través del cual es dirigida la fibra 300, y que proporciona una superficie para contactar a tope con un primer extremo de un elemento adaptable axialmente 470. Un segundo extremo del componente adaptable axialmente 470 se ha dispuesto de manera que contacta a tope con el elemento de collar 455 anteriormente mencionado. Forma beneficiosa, el elemento adaptable 470 se implementa como un resorte de alambre bobinado, si bien son posibles otras implementaciones; por ejemplo, el elemento adaptable 470 puede ser implementado como

un manguito de polímero compresible o de goma. El elemento de alojamiento 460 es, opcionalmente, de una forma sustancialmente tubular, si bien son posibles otras formas. Es más, el elemento de alojamiento 460 comprende, de manera adicional, una porción de acoplamiento 475, distante del extremo en forma de tuerca 465, la cual es, opcionalmente, susceptible de ser acoplada, durante el uso, en el conjunto 100, por ejemplo, en la semienvuelta 260 y/o en el soporte 110 de lente. Tal acoplamiento de la porción de acoplamiento 475 puede conseguirse al incluir unos filetes de rosca en una superficie interna 480 de la porción de acoplamiento 475. Alternativamente, la porción de acoplamiento 465 puede haberse dispuesto para acoplarse en un componente externo (no mostrado) con el que el conjunto 100 también se dispone en contacto a tope, por ejemplo, por medio de la superficie de referencia 150 y de una región de extremo del componente 110 de lente; tal acoplamiento con el componente externo puede conseguirse por medio de una rosca formada en una superficie externa 485 de la porción de acoplamiento 465, que es susceptible de hacerse funcionar para cooperar con una rosca correspondiente del componente externo. Son también posibles formas alternativas de acoplamiento, por ejemplo características de ajuste por salto elástico o características en forma de barba.

El alojamiento de retención 450 que se emplea en combinación con el conjunto 100 es capaz de proporcionar diversas ventajas. Una primera ventaja es que el elemento adaptable 460 es capaz de garantizar que el manguito de empalme 305 y la fibra 300 se hacen contactar a tope firmemente con la sección 220 adaptadora de fibras por medio de una fuerza de compresión ejercida por el elemento adaptable 470. Es más, el alojamiento de retención 450 es capaz de proporcionar protección mecánica al conjunto 100. Además, el alojamiento de retención 450 es de empleo beneficioso a la hora de construir acopladores ópticos, como se describirá a continuación.

En la Figura 5a, dos conjuntos 100a, 100b se han mostrado en una configuración yuxtapuesta para acoplar radiación óptica procedente de una primera fibra óptica 300a, a una segunda fibra óptica 300b, en un acoplador óptico indicado generalmente por la referencia 500. Los conjuntos 100a, 100b son, cada uno, similares al conjunto 100 antes mencionado, por ejemplo, como se ha ilustrado en la Figura 2. Es más, los conjuntos 100a, 100b se han dispuesto de un modo tal, que sus lentes 120 están mutuamente enfrentadas y sustancialmente alineadas axialmente. El acoplador 500 está provisto de un elemento de acoplamiento externo 510, por ejemplo, implementado como un manguito tubular, de tal manera que una superficie interior del elemento de acoplamiento 510 coopera con la superficie de referencia 150 de los conjuntos 100a, 100b con el fin de garantizar tal alineamiento. Cada conjunto 100a, 100b se ha provisto con su alojamiento de retención 450 firmemente fijado a su semienvuelta correspondiente 260. Habida cuenta de que un haz colimado que transporta radiación entre las lentes 120 cuando el acoplador está en funcionamiento, es tal, que el haz colimado tiene algunos milímetros de diámetro, el acoplamiento y el desacoplamiento de los conjuntos 100a, 100b fijados a sus alojamientos de retención asociados 450 puede llevarse a cabo en entornos sobre el terreno en los que el acoplador 500 es relativamente insensible a la contaminación de partículas; las superficies de referencia 150 antes mencionadas contribuyen a la cooperación con el elemento de acoplamiento 510 para asegurar que un alineamiento mutuo adecuado de los conjuntos 100a, 100b puede conseguirse de forma repetitiva cuando el acoplador 500 es ensamblado y desensamblado. Es más, en condiciones relativamente más limpias que las que se encuentran en entornos sobre el terreno, las fibras 300a, 300b, conjuntamente con sus manguitos de empalme asociados 305 y sus alojamientos de retención 450, pueden ser desacopladas de los conjuntos 100a, 100b y acopladas a estos. Tales características hacen que el acoplador 500 sea más fácil de fabricar, debido a que los conjuntos 100a, 100b se proporcionan automáticamente preajustados en el fabricante y, subsiguientemente, son inmovilizados de tal manera que sus secciones 220 adaptadoras de fibras y sus lentes 120 quedan correctamente alineadas y enfocadas. Como se ha elucidado en lo anterior, la colimación de la radiación óptica que se propaga a través de los conjuntos 100a, 100b hace que el acoplador 500 sea relativamente insensible a los errores dimensionales, a los errores de alineamiento y a la contaminación.

El acoplador 500 representa una mejora técnica considerable con respecto a los acopladores contemporáneos en los que las fibras ópticas de tales acopladores contemporáneos no son susceptibles de ser desacopladas de sus lentes correspondientes tras la fabricación inicial de los acopladores contemporáneos. Es más, a fin de hacer que el ajuste sea más fácil, los acopladores contemporáneos emplean tamaños de haz colimado menores, de algunas centenas de micrómetros de diámetro, en tanto que el acoplador 500 puede ser configurado para emplear tamaños de haz colimado de algunos milímetros de diámetro, con lo que se hace el acoplador 500 más robusto en su uso sobre el terreno. Tales diámetros de haz colimado grandes, conforme son empleados en el acoplador 500, resultarían poco prácticos en los acopladores de haz colimado contemporáneos debido a que el ajuste del foco sería extremadamente difícil de regular y de mantener estable a lo largo del tiempo, o bien las tolerancias de los componentes requeridas serían poco prácticas por pequeñas. Los conjuntos antes mencionados 100a, 100b representan una mejora considerable, en comparación con los acopladores ópticos contemporáneos, en los cuales los conjuntos 100a, 100b son, principalmente, los responsables de la mejora, habida cuenta de su estabilidad y su facilidad de ajuste durante la fabricación inicial, antes de la inmovilización relativa de sus partes componentes.

Un par operativo de conjuntos 100a, 100b según se ilustra en la Figura 5a, tiene tres espacios de separación de aire, a saber:

- (a) un primer espacio de separación de aire, entre la sección 220 adaptadora de fibras y su lente asociada 120, perteneciente al conjunto 100a;

- (b) un segundo espacio de separación de aire, entre las lentes 120 de los conjuntos 100a, 100b; y
- (c) un tercer espacio de separación de aire, entre la lente 120 y su sección 220 adaptadora de fibras asociada, perteneciente al conjunto 100b.

5 Las pérdidas de Fresnel que se producen, en funcionamiento, en estos tres espacios de separación de aire, son del orden de 1,02 dB cuando no se emplean revestimientos antirreflectantes dentro del acoplador 500. En el caso de que se empleen tales revestimientos, el acoplador 500 es susceptible de hacerse funcionar de manera que exhibe unas pérdidas de inserción de 0,6 dB. El hecho de pulir en ángulo las secciones 220 adaptadoras de fibras puede reducir adicionalmente las pérdidas de inserción del acoplador 500 hasta, potencialmente, menos de 0,6 dB en la práctica.

10 El acoplador 500 es capaz de incluir uno o más aisladores ópticos en un camino óptico entre sus fibras 300a, 300b, dentro del acoplador 500. Es más, los filtros ópticos pueden, opcionalmente, estar incluidos dentro del acoplador 500. Opcionalmente, uno o más de los conjuntos 100a, 100b puede estar provisto de un aislador óptico, por ejemplo, en combinación con sus secciones 220 adaptadoras de fibras.

15 El acoplador 500 y, similarmente, el conjunto 100, son susceptibles de ser adaptados adecuadamente para aplicaciones en las que se producen ciclos de encaje / desencaje repetidos y en las que es deseable una insensibilidad a condiciones ambientales tales como la temperatura, el polvo y la humedad.

20 En la Figura 5b se muestra un acoplador de múltiples canales, o multicanal, indicado generalmente por la referencia 550. El acoplador 550 de múltiples canales comprende, esencialmente, una pluralidad de los acopladores 500 situados juntos unos con otros, pero con algunas modificaciones mecánicas. El acoplador 550 de múltiples canales comprende una primera parte 555a y una segunda parte 555b; estas partes 555a, 555b pueden haberse fabricado de metal, material plástico, cerámico o vidrio, por ejemplo. Las primera y segunda partes 555a, 555b incluyen unos primer y segundo miembros de cuerpo 560a, 560b, respectivamente; estos miembros de cuerpo 560a, 560b pueden también haberse fabricado de metal, material plástico, cerámico o vidrio, por ejemplo. Los miembros de cuerpo 560a, 560b son susceptibles de hacerse funcionar para acoplarse entre sí cuando las primera y segunda partes 555a, 555b del acoplador 550 de múltiples canales son encajadas entre sí. Cada miembro de cuerpo 560a, 560b incluye varias cavidades en forma de orificio que se extienden desde las regiones traseras de los miembros de cuerpo 560a, 560b hasta las regiones delanteras de los mismos, como se muestra. Las cavidades son, opcionalmente, de forma cuadrada. Cada cavidad está delimitada cerca de la región delantera de su respectivo miembro de cuerpo 560a, 560b con el fin de proporcionar un escalón de transición de referencia con el que el soporte 110 de lente del conjunto 100 asociado con la cavidad, es capaz de contactar a tope para un enfrentamiento espacial, como se ilustra. Es más, cada cavidad está provista, cerca de la región trasera de su miembro de cuerpo correspondiente 560a, 560b, de unos filetes de rosca destinados a acoplarse en unos filetes de rosca exteriores correspondientes, proporcionados en el alojamiento de retención 450 del conjunto 100. Cada cavidad tiene, adicionalmente, asociada con ella, una fibra óptica 300 que, en combinación con su manguito de empalme de extremo asociado 305, está asociada, a través del alojamiento de retención 450, a una región trasera del conjunto 100 con el fin de contactar a tope con su sección 220 adaptadora de fibras. El elemento adaptable 470 anteriormente mencionado es susceptible de hacerse funcionar para cargar la fibra 300 situada dentro de su manguito de empalme 305, firmemente sobre la sección 220 adaptadora de fibras, para garantizar una transmisión de radiación óptica fiable en esta. Con el fin de proporcionar una protección mecánica adicional, los miembros de cuerpo 560a, 560b tienen, fijadas a los mismos, unas semienvueltas acopladoras correspondientes 565a, 565b, respectivamente; estas semienvueltas acopladoras 565a, 565b pueden haberse fabricado de metal, material plástico, cerámico o vidrio, por ejemplo. Opcionalmente, las semienvueltas acopladoras 565a, 565b proporcionan un cierre hermético a las fibras ópticas 300 encaminadas desde los miembros de cuerpo 560a, 560b, respectivamente, y también hacia los miembros de cuerpo 560a, 560b, respectivamente. Más opcionalmente, los alojamientos de retención 450 pueden también haberse dispuesto para proporcionar un cierre hermético a sus respectivas fibras 300 así como también a sus miembros de cuerpo asociados 560a, 560b. Los miembros de cuerpo 560a, 560b incluyen, de manera adicional, unos pasadores de enfrentamiento 570a, 570b situados, respectivamente, en las regiones delanteras de los mismos, como se ilustra. Estos pasadores de enfrentamiento 570a, 570b son susceptibles de hacerse funcionar para acoplarse dentro de unos orificios correspondientes 575a, 575b, respectivamente, practicados en los miembros de cuerpo 560b, 560a, respectivamente, para enfrentar lateralmente los miembros de cuerpo 560a, 560b cuando se acoplan mutuamente uno con otro. El enfrentamiento axial se proporciona en virtud de las regiones delanteras de los miembros de cuerpo 560a, 560b, al contactar a tope una con otra, al menos parcialmente.

60 El acoplador 550 de múltiples canales proporciona diversos beneficios en comparación con los acopladores ópticos de múltiples canales actuales. Habida cuenta de que los haces colimados proporcionados desde los conjuntos 100 del acoplador 550 de múltiples canales son de un diámetro relativamente grande, por ejemplo, de varios milímetros de diámetro, no se requiere una alta precisión para los pasadores de enfrentamiento 570a, 570b, ni tampoco para sus orificios correspondientes 575a, 575b; por ejemplo, pueden tolerarse errores dimensionales de fabricación del orden de 50 micrómetros en la posición de los pasadores de enfrentamiento 570a, 570b y de sus correspondientes orificios 575a, 575b, siempre y cuando los errores dimensionales no impidan que el acoplador 550 sea físicamente

encajado junto. Es más, la precisión del enfrentamiento de los conjuntos 100 situados dentro de sus respectivas cavidades de los miembros de cuerpo 560a, 560b, no es especialmente crucial para el funcionamiento del acoplador 550 de múltiples canales. Por otra parte, en caso de que sea necesario para propósitos de mantenimiento o de reparación, las fibras 300 y sus manguitos de empalme asociados 305 son susceptibles de ser desacoplados de, o acoplados a, aunque sea idealmente en condiciones más limpias que las que se dan en el uso sobre el terreno, sus conjuntos 100. Adicionalmente, durante el ensamblaje inicial del acoplador 550 de múltiples canales, no hay necesidad alguna de llevar a cabo un alineamiento y ajuste de precisión, debido a que los conjuntos 100 se proporcionan automáticamente prealineados, listos para su uso. De esta forma, el acoplador 550 de múltiples canales ilustrado en la Figura 5b representa un avance considerable con respecto a las soluciones contemporáneas para fabricar acopladores ópticos de múltiples canales; tales soluciones actuales pueden implicar muchas horas de ajuste, en tanto que el acoplador 550 de múltiples canales es susceptible de ser ensamblado en minutos, en la fabricación inicial, sin necesidad de llevar a cabo ajustes.

Los conjuntos 100 del acoplador 550 de múltiples canales pueden haberse dispuesto en diferentes formaciones, tal y como se ilustra en la Figura 5c. En una primera configuración ilustrada, los conjuntos 100 se han dispuesto de un modo lineal. Opcionalmente, en una segunda configuración, los conjuntos 100 se han dispuesto según una matriz bidimensional de conjuntos 100. Más opcionalmente, en una tercera configuración, los conjuntos 100 se han dispuesto de una manera arqueada, con un cierto radio.

El conjunto 100 es susceptible de ser empleado en diversas aplicaciones en las que es necesaria una insensibilidad relativa al alineamiento. Por ejemplo, puede implementarse una red de conmutación óptica mediante el empleo de una pluralidad de conjuntos 100, de tal manera que uno o más de los conjuntos 100 son acoplados a dispositivos de accionamiento asociados, destinados a dirigir espacialmente los haces colimados proporcionados desde los conjuntos 100. El conjunto 100 es, por tanto, susceptible de ser empleado en redes de conmutación ópticas según se han desarrollado, por ejemplo, por la empresa Polatis, Ltd., del Reino Unido, y según se describen en su Solicitud de Patente publicada nº PCT/GB01/00062 (WO 01/50176). Una tal red de conmutación se ilustra esquemáticamente en la Figura 6 y se ha indicado en ella generalmente por la referencia 600. La red de conmutación 600 comprende varios conjuntos 100, de tal manera que cada conjunto 100 está provisto de un dispositivo de accionamiento correspondiente 610, por ejemplo, un dispositivo de accionamiento electromagnético o un dispositivo de accionamiento piezoeléctrico. La red 600 comprende dos bancos de conjuntos accionados 100, a saber, un primer banco 620 y un segundo banco 630. Los bancos 620, 630 pueden, por ejemplo, materializarse en la práctica como conjuntos geoméricamente ordenados bidimensionales de los dispositivos de accionamiento 100. Además, los conjuntos 100 de los bancos 620, 630 están situados unos de cara a los otros para definir una región de espacio libre intermedia 640 entremedias, por la que la radiación colimada es capaz de propagarse en funcionamiento. Tal red de conmutación 600 es beneficiosa por cuanto las pérdidas de conmutación ópticas para la radiación acoplada a través de la red 600 pueden ser menores de 1 dB, lo que está en conformidad con las actuales normas del ETSI [Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones –“European Telecommunications Standards Institute”] y Bellcore para los equipos de comunicación. Es más, la red 600 es capaz de conmutar selectivamente magnitudes de potencia óptica más elevadas que las que son posibles utilizando redes de conmutación de haz óptico basadas en MEMs [dispositivos microelectro-mecánicos]. De esta forma, cuando se utiliza en redes de telecomunicaciones, la red 600 permite emplear mayores magnitudes de potencia óptica, con lo que se evita, potencialmente, la necesidad de amplificación óptica, por ejemplo, utilizando amplificadores de fibra dopados con erbio (EDFA –“erbium-doped fiber amplifiers”). El uso del conjunto 100 para construir la red 600 hace que su fabricación sea más sencilla y reduce la necesidad de ajustes, y, por tanto, lleva consigo un coste de producción más bajo y una mayor fiabilidad de la red 600 cuando se pone en servicio, durante el uso.

El conjunto 100 es también susceptible de utilizarse para construir interconexiones ópticas en aparatos de comunicaciones. Por ejemplo, en la Figura 7 se ha mostrado un sistema designado por la referencia 700. Un tal sistema 700 es, por ejemplo, susceptible de ser empleado en puntos nodales de sistemas de comunicación óptica de alta capacidad, multiplexados por división en longitud de onda (WDM –“wavelength division multiplexed”) de elevada anchura de banda. El sistema 700 incluye un chasis dispuesto en una pluralidad de elementos 710 de chasis, placas de tratamiento 720 que incluyen componentes ópticos así como componentes eléctricos, así como cuadros 730 de placa posterior. Los elementos 710 de chasis, las placas de tratamiento 720 y los cuadros 730 de placa posterior incluyen, en los mismos, uno o más de los conjuntos 100, según se ha descrito anteriormente. Por ejemplo, se ha ilustrado uno de los cuadros de tratamiento 720, que incluye un módulo electro-óptico 74 provisto de una fibra óptica helicoidal 300, terminada en un manguito de empalme circundante 305, tal y como se ha explicado en lo anterior, de tal manera que el manguito de empalme 305 es susceptible de hacerse funcionar para permitir el encaje en, y el desencaje de, un extremo trasero de uno de los conjuntos 100, a la vez que se proporciona acceso a su sección 220 adaptadora de fibras. El módulo electro-óptico 740 puede ser realizado en la práctica como uno o más de entre: un láser de estado sólido, un transceptor, o transmisor-receptor, óptico, un receptor óptico y un modulador.

El sistema 700 es susceptible de hacerse funcionar de un modo tal, que los conjuntos 100 proporcionan comunicación de datos dentro del mismo. Por ejemplo, un conjunto 100 situado en uno de los elementos 710 de chasis hace posible la comunicación de datos ópticos por medio de un haz de radiación colimado 800, hacia un

entorno externo al chasis. Es más, un par de conjuntos 100 incluido en los elementos 710 de chasis hace posible la comunicación óptica entre ellos, por medio de un haz colimado de radiación óptica 810. Por otra parte, un par de conjuntos 100 incluido en uno de los elementos 710 de chasis y en una de las placas de tratamiento 720, hace posible la comunicación óptica entre ellos por medio de un haz colimado de radiación óptica 830. Un conjunto 100 incluido en una de las placas de tratamiento 720 hace posible la comunicación de datos ópticos a través de un haz de radiación colimado 820, hacia un entorno externo al sistema 700. Un par de conjuntos 100 incluido en las placas de tratamiento 720 hace posible la comunicación de datos ópticos entre ellos por medio de un haz de radiación colimado 840; uno de los conjuntos 100 está acoplado al módulo 740, el cual consiste, convenientemente, en una subunidad estándar en propiedad, incluida dentro del sistema 700. Un par de conjuntos 100 incluido en uno de los elementos 710 de chasis y en uno de los cuadros 730 de placa posterior, hace posible la comunicación óptica entre ellos por medio de un haz colimado de radiación óptica 850. De manera adicional, un par de conjuntos 100 incluido en uno de los cuadros 730 de placa posterior y en una de las placas de tratamiento 720, hace posible la comunicación óptica entre ellos por medio de un haz colimado de radiación óptica 860. Es más, un par de conjuntos 100 incluido en los cuadros 730 de placa posterior hace posible la comunicación óptica entre ellos por medio de un haz colimado de radiación óptica 870. Por último, un conjunto 100 incluido en uno de los cuadros 730 de placa posterior hace posible la comunicación de datos ópticos por medio de un haz de radiación colimado 880, hacia un entorno externo al sistema 700.

Uno o más de entre los elementos 710 de chasis, las placas de tratamiento 720 y los cuadros 730 de placa posterior incluyen conexiones tanto ópticas como eléctricas, por ejemplo, fuentes de alimentación de energía eléctrica, buses de datos eléctricos, buses de datos ópticos y líneas de control ópticas. Las interfaces mecánicas en las que los elementos 710, las placas de tratamiento 720 y los cuadros 730 de placa posterior están referidos mutuamente en el espacio, de tal manera que los conjuntos 100 están colocados unos con respecto a otros, espacialmente, de forma apropiada en el sistema 700. El sistema 700 es adicionalmente beneficioso por cuanto el uso de los haces de radiación óptica 800 a 880 aumenta potencialmente reduce la diafonía de la señal, ofrece un menor impedimento a la circulación del aire dentro del sistema 700 para propósitos de refrigeración, y puede también, potencialmente, reducir el peso del sistema 700 al evitar la necesidad de cables para transportar las señales de datos.

Son posibles modificaciones de las realizaciones de la invención descritas en lo anterior sin apartarse del ámbito de la invención, tal y como se define por las reivindicaciones que se acompañan.

Es la intención que expresiones tales como “que incluye”, “que comprende”, “que incorpora”, “que consiste en”, “tiene”, “es”, que se utilizan para describir y reivindicar la presente invención, se interpreten de una manera no excluyente, a saber, permitiéndose que estén también presentes artículos, componentes o elementos no explícitamente descritos. La referencia al singular también ha de interpretarse como referida al plural, y viceversa.

Los números incluidos entre paréntesis en las reivindicaciones que se acompañan están destinados a ayudar a comprender las reivindicaciones y no deben interpretarse de forma que limiten en ningún modo la materia objeto reivindicada por estas reivindicaciones.

## REIVINDICACIONES

- 1.- Un conjunto de comunicación óptica (100) que comprende una disposición de fibra óptica susceptible de hacerse funcionar para recibir de forma liberable una fibra óptica (300) terminada en un manguito de empalme (305), y una disposición de lente, en el cual dicha disposición de fibra óptica comprende una sección (220) adaptadora de fibras, dicha disposición de lente comprende una lente (120), de tal manera que dicha disposición de lente está configurada para disponerse espacialmente, en relación con la disposición de fibra óptica, de tal modo que es capaz de proporcionar un haz de radiación axial sustancialmente colimado y expandido, en respuesta a la recepción de radiación procedente de la sección (220) adaptadora de fibras, y es capaz de proporcionar un haz enfocado de radiación a la sección (220) adaptadora de fibras en respuesta a la recepción de un haz sustancialmente colimado de radiación hacia la lente (120), comprendiendo dicho conjunto (100), adicionalmente, un soporte (110) de lente, un manguito de alineamiento axial (130) y un soporte (200) de sección adaptadora de fibras, de tal manera que el manguito de alineamiento axial (130) está dispuesto para recibir el soporte (200) de sección adaptadora de fibras, y el manguito (130) de alineamiento axial está dispuesto para ser un elemento de ajuste deslizante dentro del soporte (110) de lente, de tal manera que el soporte (110) de lente, el manguito de alineamiento axial (130) y el soporte (200) de sección adaptadora de fibras se han dispuesto para situar espacialmente la disposición de fibra óptica con respecto a la disposición de lente y para el ajuste posicional de la disposición de fibra óptica con respecto a la disposición de lente, de tal modo que el soporte (200) de sección adaptadora de fibras incluye una porción (210) cuya superficie exterior es diámetro externo más pequeño que una superficie interior de una porción (165) del manguito de alineamiento axial (130), de tal manera que el soporte (200) de sección adaptadora de fibras es susceptible de ser movido lateralmente.
- 2.- Un conjunto óptico (100) de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual el manguito de alineamiento axial (130) es susceptible de ser ajustado en posición con respecto al soporte (110) de lente, siendo dicho ajuste de posición a lo largo de una dirección axial.
- 3.- Un conjunto óptico (100) de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual un ajuste de la posición lateral relativa entre la disposición de fibra óptica y la disposición de lente viene proporcionado por el hecho de que el manguito de alineamiento axial (130) y el soporte (200) de sección adaptadora de fibras están provistos de superficies en contacto a tope mutuo, dispuestas de forma tal, que dan acomodo a un ajuste lateral de la disposición de fibra con respecto a la disposición de lente.
- 4.- Un conjunto óptico (100) de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual un ajuste de la posición axial relativa entre la disposición de fibra óptica y la disposición de lente viene proporcionado por el hecho de que el soporte (110) de lente y el manguito de alineamiento axial (130) están provistos de superficies en contacto a tope mutuo, dispuestas de forma tal, que dan acomodo a un ajuste axial de la disposición de fibra con respecto a la disposición de lente.
- 5.- Un conjunto óptico (100) de acuerdo con la reivindicación 3, en el cual al menos una porción de las superficies en contacto a tope mutuo es accesible en una región exterior del conjunto (100) para permitir el ajuste de la posición lateral relativa cuando el conjunto (100) se encuentra en un estado ensamblado.
- 6.- Un conjunto óptico (100) de acuerdo con la reivindicación 4, en el cual al menos una porción de las superficies en contacto a tope mutuo es accesible en una región exterior del conjunto (100) para permitir el ajuste de la posición axial relativa cuando el conjunto (100) se encuentra en un estado ensamblado.
- 7.- Un conjunto óptico (100) de acuerdo con la reivindicación 5 o la reivindicación 6, en el cual la porción de las superficies en contacto a tope mutuo se ha dispuesto para permitir la inmovilización relativa de las superficies en contacto a tope, a fin de hacer permanente una colocación relativa dada de la disposición de lente con respecto a la disposición de fibra.
- 8.- Un conjunto óptico (100) de acuerdo con la reivindicación 7, en el cual los elementos (110, 130, 200) se han fabricado de materiales susceptibles de ser fundidos o unidos para conseguir dicha inmovilización relativa.
- 9.- Un conjunto óptico (100) de acuerdo con la reivindicación 7, en el cual los elementos (110, 130, 200) se han fabricado de uno o más de entre: metal, material plástico, cerámico, material sinterizado, vidrio, sílice, zafiro y materiales con propiedades ópticamente refractivas.
- 10.- Un conjunto óptico (100) de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual la disposición de fibra comprende el hecho de que la sección (220) adaptadora de fibras tiene un manguito de empalme (222), de tal manera que la disposición de fibras está dispuesta, espacialmente, entre la disposición de lente y la fibra óptica (300) con el fin de

transportar radiación hacia y/o desde el conjunto (100).

- 5 11.- Un conjunto óptico (100) de acuerdo con la reivindicación 10, en el cual un extremo de la disposición de fibra situado de cara hacia dicha disposición de lente está separado espacialmente de la misma, a saber, no en contacto a tope con esta, a fin de proporcionar un diámetro incrementado al haz de radiación.
- 12.- Un conjunto óptico (100) de acuerdo con la reivindicación 10, en el cual un extremo de la disposición de fibra situado de cara hacia dicha disposición de lente se ha hecho contactar a tope con la disposición de lente.
- 10 13.- Un conjunto óptico (100) de acuerdo con la reivindicación 10, en el cual los elementos (110, 130, 200) están configurados para permitir ciclos repetitivos de encaje / desencaje de la fibra óptica (300), con su manguito de empalme asociado (305), con respecto a la sección (220) adaptadora de fibras, al tiempo que se asegura el alineamiento axial de los mismos para permitir que se acople sustancialmente la radiación óptica entre ellos.
- 15 14.- Un conjunto óptico (100) de acuerdo con la reivindicación 10, en el cual al menos una de entre la disposición de lente y la sección (220) adaptadora de fibras está provista de un revestimiento antirreflectante para reducir la reflexión óptica en ella.
- 20 15.- Un conjunto óptico (100) de acuerdo con la reivindicación 1, de tal manera que el conjunto (100) comprende, adicionalmente, un aislador óptico (320, 330) en serie óptica con la disposición de fibra y la disposición de lente.
- 25 16.- Un conjunto óptico (100) de acuerdo con la reivindicación 10, en el cual la sección (220) adaptadora de fibras está provista de caras ópticas de extremo pulidas, cuyos planos son sustancialmente perpendiculares con respecto a un eje óptico central de la sección (220) adaptadora de fibras.
- 17.- Un conjunto óptico (100) de acuerdo con la reivindicación 10, en el cual la sección (220) adaptadora de fibras está provista de una o más caras ópticas de extremo oblicuamente formadas, cuyos planos son sustancialmente no perpendiculares con respecto a un eje óptico central de la sección (220) adaptadora de fibras.
- 30 18.- Un conjunto óptico (100) de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual la disposición de lentes comprende al menos una de entre: una lente esférica, una lente esférica de bola, una configuración que comprende una pluralidad de lentes, y una lente de índice de refracción graduado.
- 35 19.- Un conjunto óptico (100) de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual:
- (a) la disposición de lente comprende una lente esférica o de bola (120);
  - (b) la disposición de fibra comprende la sección (220) adaptadora de fibras, que tiene un manguito de empalme exterior (222), de tal modo que dicha sección (220) adaptadora de fibras y su manguito de empalme (222) son susceptibles de hacerse funcionar para montarse dentro de un manguito divisorio (230) y para ser fijadas al soporte (200) de sección adaptadora de fibras;
  - (c) el soporte (110) de lente es susceptible de hacerse funcionar para soportar la lente esférica o de bola (120) y para funcionar en cooperación con el manguito de alineamiento axial (130), a fin de hacer posible un ajuste axial del conjunto (100); y
  - (d) el soporte (200) de sección adaptadora de fibras y el manguito de alineamiento axial (130) funcionan en cooperación para hacer posible un ajuste lateral del conjunto (100).
- 40 20.- Un conjunto óptico (100) de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual el soporte (110) de lente y el manguito de alineamiento axial (130) se solapan, y el manguito de alineamiento axial (130) y el soporte (200) de sección adaptadora de fibras se solapan.
- 50 21.- Un acoplador óptico (500) que comprende una pluralidad de conjuntos ópticos (100a, 110b), siendo cada conjunto óptico (100a, 100b) de conformidad con la reivindicación 1, de tal manera que el acoplador óptico (500) está provisto de una pluralidad de fibras ópticas (300a, 300b) para transportar radiación óptica hacia el mismo y/o desde este, a través de la pluralidad de conjuntos ópticos (100).
- 55 22.- Una red de conmutación óptica (600) que comprende una pluralidad de conjuntos ópticos (100), siendo cada conjunto óptico (100) de conformidad con la reivindicación 1, de tal modo que dicha pluralidad de conjuntos ópticos está provista de una disposición (610) de orientación de haz, destinada a orientar las direcciones de los haces colimados de radiación, en funcionamiento, por medio de dicha pluralidad de conjuntos ópticos, con lo que se dirige selectivamente la radiación óptica a través de uno o más de dichos conjuntos (100) y, con ello, selectivamente a través de la red (600).
- 60 23.- Un sistema (700) que comprende uno o más de entre elementos (710) de chasis, placas de tratamiento (720) y cuadros (730) de placa posterior, de tal manera que dicho sistema (700) incluye uno o más conjuntos (100) de acuerdo con la reivindicación 1, destinados a acoplar radiación óptica entre uno o más de entre los elementos (710)
- 65

de chasis, las placas de tratamiento (720), los cuadros (730) de placa posterior, y hacia un entorno exterior a los mismos.

5 24.- Un método para ajustar el alineamiento relativo de una disposición de lente con respecto a una disposición de fibra de un conjunto óptico (100) de acuerdo con la reivindicación 1, de tal modo que dicho método comprende las etapas de:

- 10 (a) proporcionar radiación óptica a la disposición de fibra para su propagación hacia la disposición de lente, a fin de ser emitida desde la misma como un haz de radiación;
- (b) ajustar el manguito de alineamiento axial (130) y el soporte (200) de sección adaptadora de fibras del conjunto (100) con el fin de asegurar que el haz se alinee lateralmente con respecto a un eje óptico de la disposición de lente; y
- 15 (c) ajustar el soporte (110) de lente y el manguito de alineamiento axial (130) del conjunto (100) para garantizar que el haz es sustancialmente colimado.

25.- Un método para ajustar el alineamiento relativo de una disposición de lente con respecto a una disposición de fibra de un conjunto óptico (100) de acuerdo con la reivindicación 1, de tal modo que dicho método comprende las etapas de:

- 20 (a) proporcionar, de forma sustancialmente axial a la disposición de lente, un haz de radiación óptica sustancialmente colimada a la disposición de lente, para su propagación a través de la misma, hacia la disposición de fibra;
- 25 (b) ajustar el manguito de alineamiento axial (130) y el soporte (200) de sección adaptadora de fibras del conjunto (100) para ajustar la colocación lateral relativa de la disposición de lente con respecto a la disposición de fibra, de tal manera que se consiga un acoplamiento máximo de la radiación transportada en el haz hacia la disposición de fibra; y
- 30 (c) ajustar el soporte (110) de lente y el manguito de alineamiento axial (130) del conjunto (100) para ajustar la posición axial de la disposición de lente con respecto a la disposición de fibra, de tal modo que se consiga un acoplamiento máximo de la radiación transportada en el haz hacia la disposición de fibra.

26.- Un método de acuerdo con la reivindicación 24 o la reivindicación 25, de tal manera que dicho método comprende una etapa adicional de inmovilizar mutuamente los elementos ajustados (110, 130, 200) para fijar el ajuste del conjunto (100).

35 27.- Un método de acuerdo con la reivindicación 26, en el cual dicha inmovilización mutua implica fundir o unir unos con otros los elementos ajustados (110, 130, 200).

28.- Un método de acuerdo con la reivindicación 26, de tal manera que el método se lleva a cabo automáticamente.

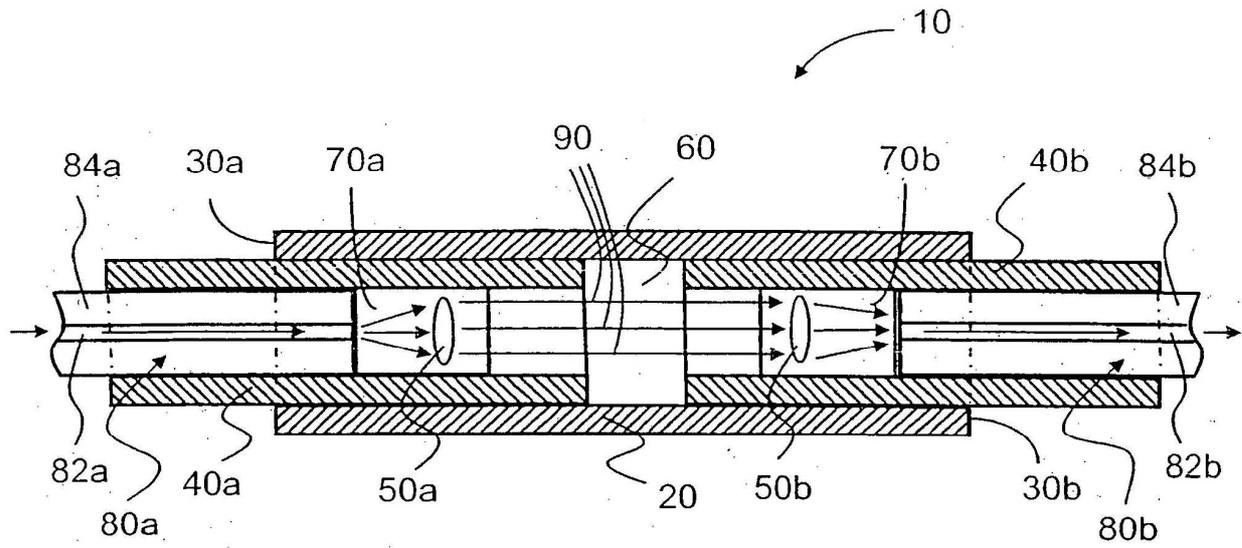


FIG. 1

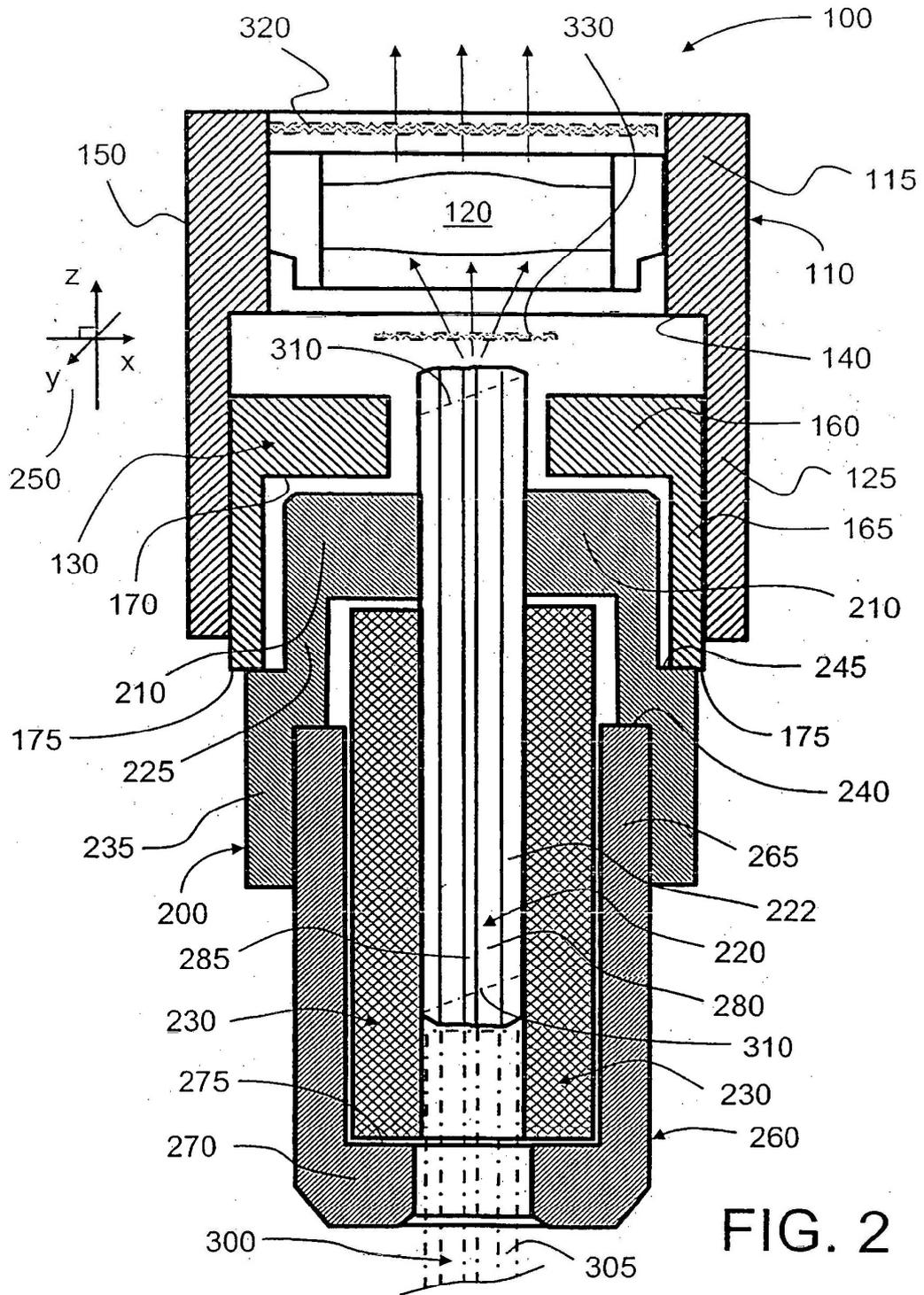


FIG. 2

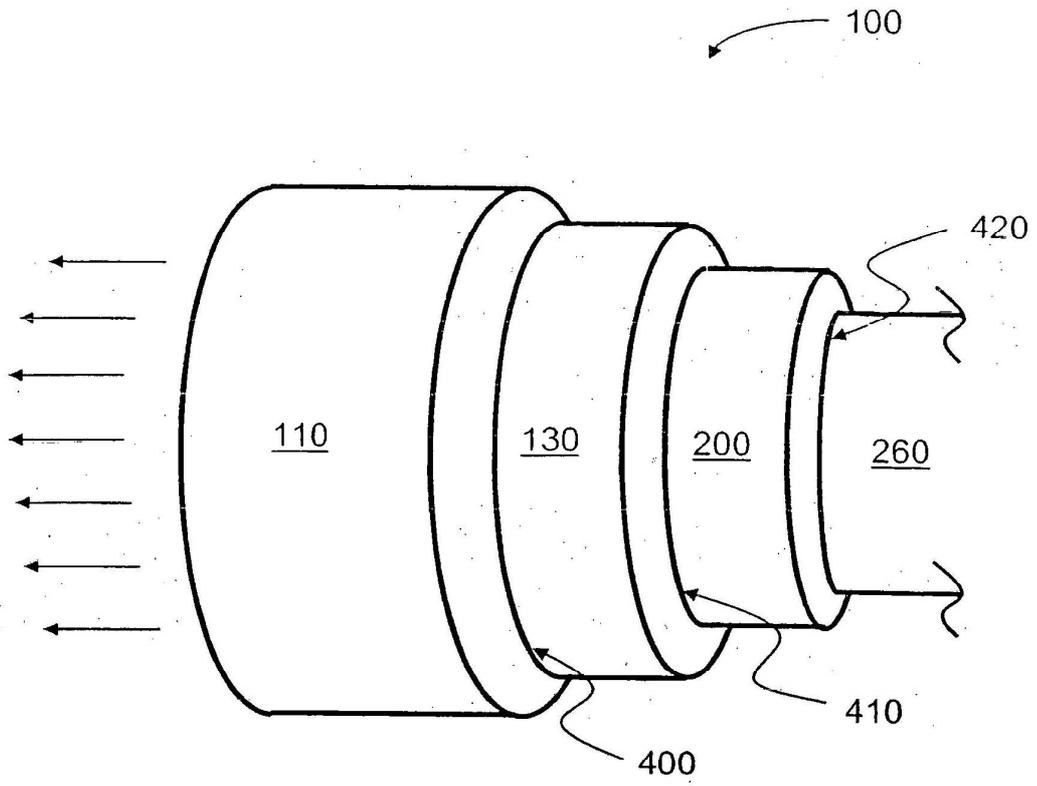


FIG. 3

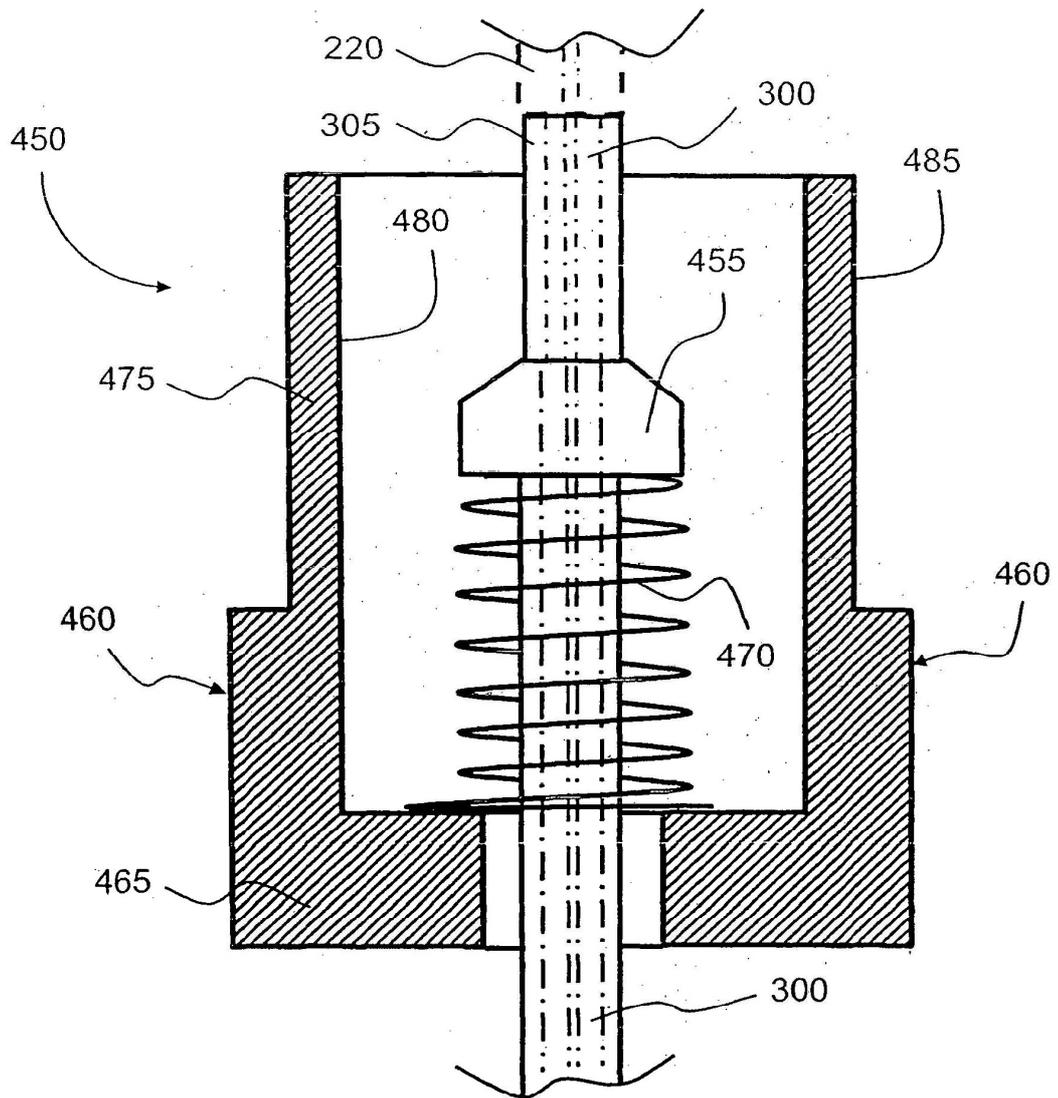


FIG. 4

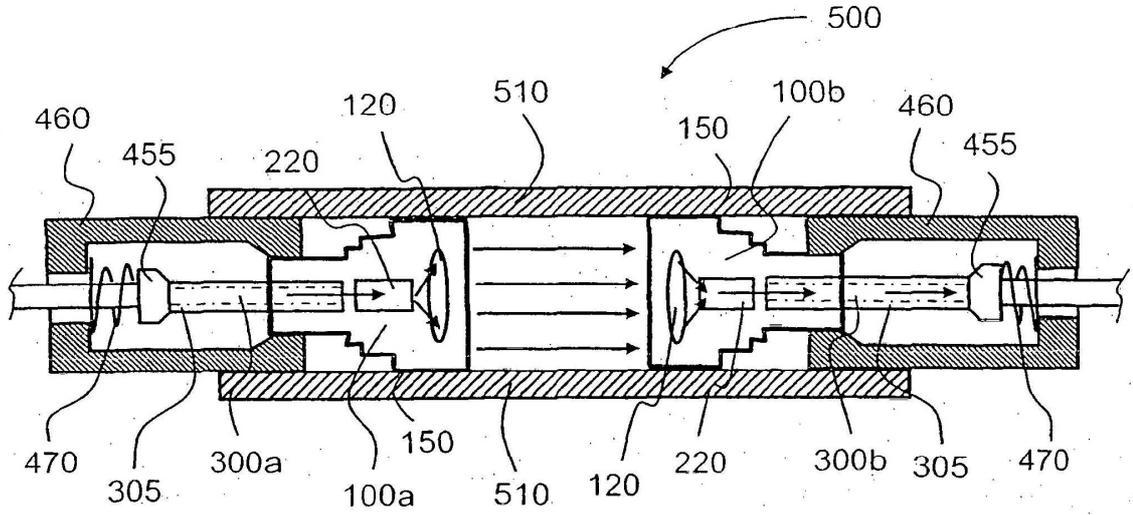


FIG. 5a

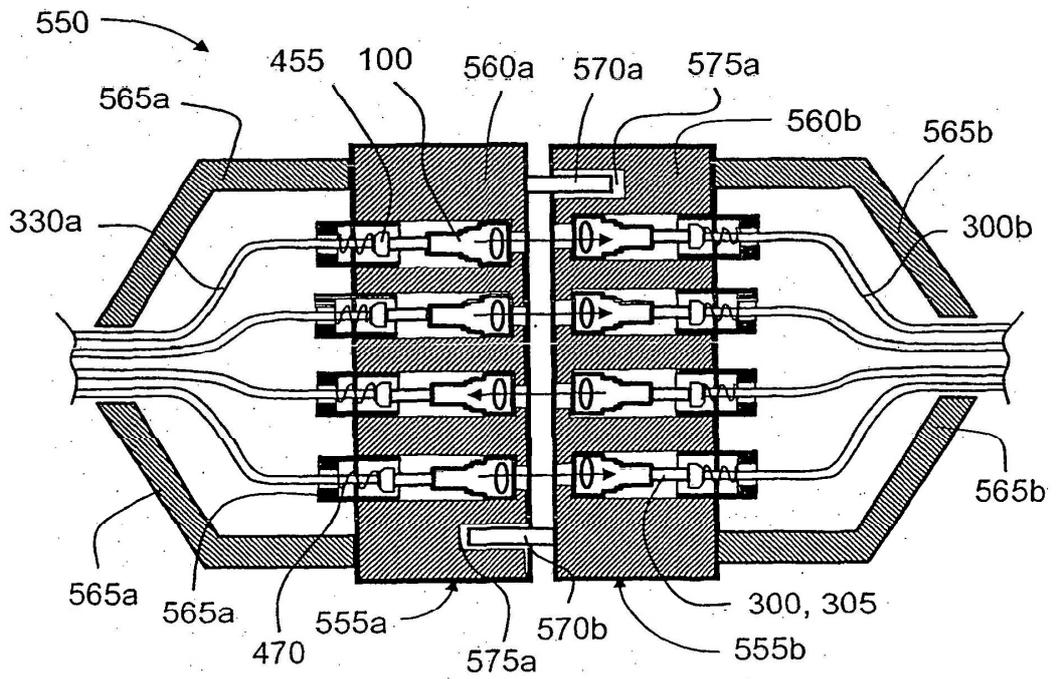


FIG. 5b

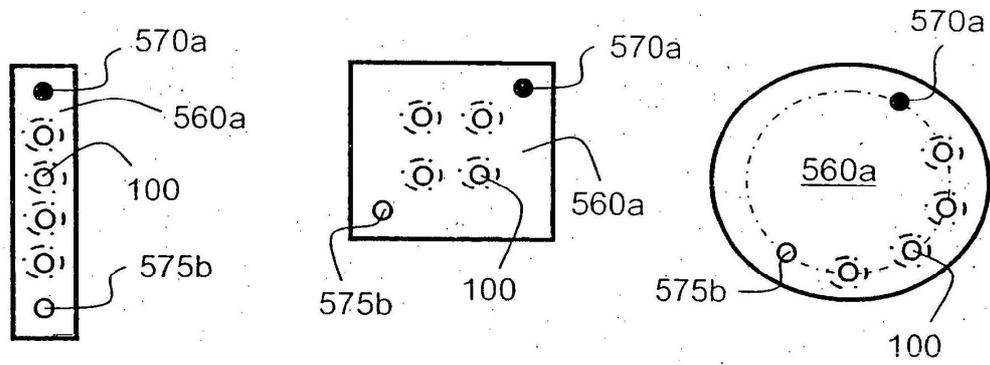


FIG. 5c

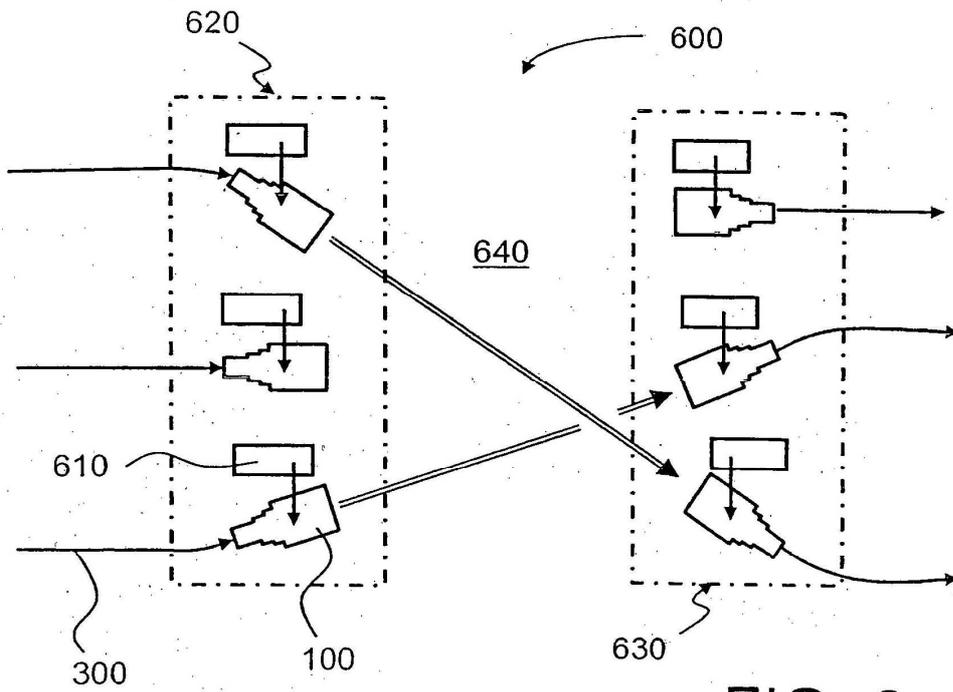


FIG. 6

