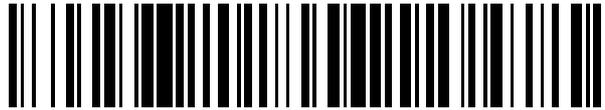


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 509 496**

51 Int. Cl.:

G02B 6/12 (2006.01)

H04B 10/2581 (2013.01)

H04B 10/272 (2013.01)

G02B 6/42 (2006.01)

H04J 14/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.11.2009 E 09823093 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.07.2014 EP 2319201**

54 Título: **Redes ópticas pasivas con receptores de acoplamiento de modos**

30 Prioridad:

31.10.2008 US 110384 P

27.10.2009 US 606872

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

17.10.2014

73 Titular/es:

HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD. (100.0%)
Huawei Administration Building Bantian
Longgang District, Shenzhen
Guangdong 518129, CN

72 Inventor/es:

CHENG, NING y
EFFENBERGER, FRANK J.

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 509 496 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

Redes ópticas pasivas con receptores de acoplamiento de modos

Campo de la invención

5 La presente invención está relacionada con la tecnología de red en el campo de las comunicaciones y, más en particular con un acoplador de Modos, un Sistema de Red Óptica Pasiva y un Método de Detección.

Antecedentes

10 El aumento del tráfico de Internet y de aplicaciones multimedia emergentes, tales como vídeo bajo demanda, Televisión de alta definición, TV, videoconferencia, y juegos interactivos en línea exige un aumento en el ancho de banda de las redes de acceso. Para satisfacer el aumento de ancho de banda y soportar tales aplicaciones, se están desplegando actualmente en todo el mundo Redes Ópticas Pasivas, PON, con Multiplexación por División en el
 15 Tiempo, TDM, tales como PON con Capacidad de Gigabit, GPON, y Ethernet sobre PON, EPON, para dar servicio potencialmente a millones de usuarios. Tradicionalmente, la distancia máxima de transmisión de una PON es menor que o aproximadamente 20 kilómetros (km) y la relación de división es desde aproximadamente 1:16 hasta aproximadamente 1:64, tal como se define en los estándares del Sector de Normalización de la
 20 Telecomunicaciones, ITU-T de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, UIT, y del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, IEEE. La relación de división es la relación de un equipo de central telefónica, por ejemplo, un Terminal de Línea Óptica, OLT, a una pluralidad de equipos de usuario, por ejemplo, Unidades de Terminación de Red Óptica, ONT.

25 Recientemente, se ha suscitado interés en las PON de largo alcance y alta división, con distancias de transmisión mayores que aproximadamente 20 km y unas relaciones de división mayores que aproximadamente 1:64. En unas PON de largo alcance y alta división semejantes se puede reducir considerablemente el número de centrales telefónicas que pueden dar servicio al mismo número de terminales de usuario. Adicionalmente, se puede simplificar la jerarquía de la PON, se puede reducir el coste de los equipos y de operación, y se puede mejorar la calidad de servicio para el tráfico en tiempo real (por ejemplo, vídeo bajo demanda) como resultado de la reducción del número
 30 de saltos en el sistema. En consecuencia, el ITU-T ha definido un estándar (ITU-T G.984.6) para las GPON con extensión del alcance, En esta norma se consideran la amplificación óptica y/o la regeneración Óptico-Eléctrica-Óptica, OEO, para la implementación de redes PON con largo alcance. Mediante la utilización de amplificadores ópticos o regeneradores ópticos se ha demostrado la viabilidad de PON de largo alcance con distancias de transmisión de hasta aproximadamente 100 km. Sin embargo, los amplificadores o generadores ópticos son equipos activos que pueden aumentar los requisitos de coste y/o de mantenimiento en el sistema, lo que puede resultar poco atractivo para el despliegue a gran escala. Y conseguir PON de largo alcance sin amplificadores o regeneradores ópticos sigue siendo atractivo pero difícil.

Resumen

35 Los modos de realización de la presente invención proporcionan un Terminal de Línea Óptica, OLT, que comprende un receptor, un transmisor, una pluralidad de separadores de señales ópticas, un acoplador de modos acoplado al receptor y a los separadores de señales ópticas, y un divisor del OLT acoplado al transmisor y a los separadores de señales ópticas; en donde los separadores de señales ópticas están configurados para separar en el OLT las
 40 señales ópticas del flujo ascendente y del flujo descendente; en donde el divisor del OLT está configurado para dividir las señales ópticas del flujo descendente del transmisor en una pluralidad de copias de la señal del flujo descendente, siendo reenviadas dichas copias de la señal del flujo descendente a los separadores de señales ópticas; y en donde el acoplador de modos está configurado para acoplar las señales ópticas del flujo ascendente de las Unidades de Terminación de Red Óptica, ONT, en el receptor, en donde el acoplador de modos comprende una pluralidad de guías de onda monomodo, en donde una pluralidad de guías de onda monomodo están configuradas para transportar una pluralidad de señales monomodo, un detector acoplado a las guías de onda monomodo y
 45 configurado para detectar las señales monomodo, en donde las señales monomodo se acoplan sustancialmente sin pérdida desde las guías de onda monomodo al detector, y una guía de onda multimodo situada entre las guías de onda monomodo y el detector, configurada para acoplar las señales monomodo en una pluralidad de modos de propagación diferentes, en donde el detector detecta la señal en los modos de propagación, en donde la pluralidad de modos de propagación diferentes se corresponde con la pluralidad de señales monomodo.

50 Éstas y otras características se comprenderán más claramente a partir de la siguiente descripción detallada tomada conjuntamente con los dibujos y las reivindicaciones que la acompañan.

La FIG. 1 es un diagrama esquemático de un modo de realización de una PON.

La FIG. 2 es un diagrama esquemático de un modo de realización de una PON de largo alcance/alta división.

La FIG. 3 es un diagrama esquemático de un modo de realización de un acoplador de fibra.

55 La FIG. 4 es un diagrama esquemático de un modo de realización de un acoplador de guía de onda.

La FIG. 5 es un diagrama esquemático de un modo de realización de un acoplador de fibra fundida.

La FIG. 6 es un diagrama esquemático de un modo de realización de un acoplador de fibra fundida mejorado.

La FIG. 7 es un diagrama esquemático de un modo de realización de un acoplador de fibra-lente fundidas.

La FIG. 8 es un diagrama esquemático de un modo de realización de un acoplador de fibra-lente fundidas mejorado.

5 La FIG. 9 es un diagrama esquemático de un modo de realización de un acoplador de prisma.

La FIG. 10 es un diagrama esquemático de un modo de realización de un acoplador de fotodiodo en guía de onda.

La FIG. 11 es un diagrama de flujo de un modo de realización de un método de detección de una PON de largo alcance/alta división.

Descripción detallada

10 Desde el principio debe entenderse que, aunque a continuación se proporciona una implementación que ilustra uno o más modos de realización, los sistemas y/o métodos que se divulgan se pueden implementar utilizando cuantas técnicas se desee, tanto si son conocidas como si existen en la actualidad. La divulgación no debería limitarse de ningún modo a las implementaciones, dibujos y técnicas que se ilustran a continuación, incluyendo los ejemplos de diseño e implementaciones que se ilustran y se describen en la presente solicitud, sino que se puede modificar dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas junto con el alcance completo de sus equivalentes.

15 En la presente solicitud se divulgan sistemas y equipos para el despliegue de PON de largo alcance/alta división sin utilizar amplificadores y regeneradores ópticos. Los sistemas PON de largo alcance/alta división comprenden un receptor de acoplamiento de modos de baja pérdida, por ejemplo en el OLT, que se puede configurar para aumentar la distancia máxima de transmisión y/o la relación de división de las PON. Los sistemas PON pueden comprender una pluralidad de receptores de acoplamiento de modos de baja pérdida diferentes, que pueden estar basados en diferentes esquemas para acoplar una pluralidad de canales ópticos monomodo en un canal óptico multimodo. Los diferentes receptores de acoplamiento de modos de baja pérdida pueden incluir un acoplador de fibra, un acoplador de guía de onda, un acoplador de fibra fundida, un acoplador de fibra fundida mejorado, un acoplador de fibra-lente fundidas, un acoplador de fibra-lente fundidas mejorado, un acoplador de prisma, y un acoplador de fotodiodo en guía de onda. Los receptores de acoplamiento de modos de baja pérdida pueden mejorar la estimación de potencia en el despliegue de las PON de largo alcance y alta división.

20 La FIG. 1 ilustra un modo de realización de una PON 100. La PON 100 comprende un OLT 110, una pluralidad de ONT 120, y una ODN 130, que se puede acoplar al OLT 110 y a las ONT 120. La PON 100 puede ser una red de comunicaciones que no requiere ningún componente activo para distribuir los datos entre el OLT 110 y las ONT 120. En lugar de ello, la PON 100 puede utilizar los componentes ópticos pasivos de la ODN 130 para distribuir los datos entre el OLT 110 y las ONT 120. En un modo de realización, la PON 100 puede ser un sistema de Acceso de Próxima Generación (NGA), como por ejemplo una GPON (XGPON) de diez gigabits por segundo (Gbps), que puede tener un ancho de banda del flujo descendente de aproximadamente diez Gbps y un ancho de banda del flujo ascendente de al menos aproximadamente 2,5 Gbps. Alternativamente, la PON 100 puede ser cualquier red basada en Ethernet, como por ejemplo una EPON definida por el estándar IEEE 802.3av, una EPON de 10 Gigabits tal como se define en el estándar IEEE 802.3av, una red en Modo de Transferencia Asíncrono sobre PON (APON), una red de transmisión en banda ancha sobre PON (BPON) definida por el estándar ITU-T G.983, una GPON definida por el estándar ITU-T G.984, o una PON (WPON) basada en Multiplexación por División de Longitud de Onda (WDM), todas las cuales se incorporan aquí a modo de referencia como si se reprodujeran en su totalidad.

30 En un modo de realización, el OLT 110 puede ser cualquier dispositivo que esté configurado para comunicarse con las ONT 120 y otra red (que no se muestra). Concretamente, el OLT 110 puede actuar como intermediario entre la otra red y las ONT 120. Por ejemplo, el OLT 110 puede reenviarles a las ONT 120 los datos recibidos desde la red, y reenviarle a la otra red los datos recibidos de las ONT 120. Aunque la configuración específica del OLT 110 puede variar en función del tipo de la PON 100, en un modo de realización, el OLT 110 puede comprender un transmisor y un receptor. Cuando la otra red está utilizando un protocolo de red, como Ethernet o Red Óptica Síncrona/Jerarquía Digital Síncrona (SONET/SDH), que es diferente del protocolo de PON utilizado en la PON 100, el OLT 110 puede comprender un convertidor que convierta el protocolo de red en el protocolo de PON. El convertidor del OLT 110 puede también convertir el protocolo de PON en el protocolo de red. En general, el OLT 110 se puede encontrar situado en una ubicación central, como por ejemplo en una central telefónica, aunque también se puede encontrar situado en otras ubicaciones.

40 En un modo de realización, las ONT 120 pueden ser cualesquiera dispositivos que estén configurados para comunicarse con el OLT 110 y un cliente o usuario (que no se muestra). Concretamente, las ONT 120 pueden actuar como intermediarios entre el OLT 110 y el cliente. Por ejemplo, las ONT 120 pueden reenviarle al cliente los datos recibidos desde el OLT 110, y reenviarle al OLT 110 los datos recibidos del cliente. Aunque la configuración específica de las ONT 120 puede variar en función del tipo de la PON 100, en un modo de realización, las ONT 120 pueden comprender un transmisor óptico configurado para enviarle señales ópticas al OLT 110 y un receptor óptico

configurado para recibir señales ópticas del OLT 110. Adicionalmente, las ONT 120 pueden comprender un convertidor que convierte la señal óptica en señales eléctricas para el cliente, como por ejemplo señales del protocolo Ethernet o del Modo de Transferencia Asíncrono (ATM), y un segundo transmisor y/o receptor que puede enviar y/o recibir las señales eléctricas a/de un dispositivo cliente. En algunos modos de realización, las ONT 120 y las unidades de red óptica (ONU) son similares y, por lo tanto, en la presente solicitud estos términos se utilizan indistintamente. En general, las ONT 120 se puede situar en ubicaciones distribuidas, como por ejemplo en las instalaciones del cliente, aunque también se pueden encontrar situadas en otras ubicaciones.

En un modo de realización, la ODN 130 puede ser un sistema de distribución de datos, que puede comprender cables de fibra óptica, acopladores, divisores, distribuidores y/o cualquier otro equipo. En un modo de realización, los cables de fibra óptica, acopladores, divisores, distribuidores y/u otros equipos pueden ser componentes ópticos pasivos. Concretamente, los cables de fibra óptica, acopladores, divisores, distribuidores y/u otros equipos pueden ser componentes que no requieran alimentación eléctrica para distribuir las señales de datos entre el OLT 110 y las ONT 120. Alternativamente, la ODN 130 puede comprender uno o una pluralidad de componentes activos, como por ejemplo amplificadores ópticos. En general, la ODN 130 se puede extender desde el OLT 110 hasta las ONT 120 en una configuración en forma de árbol, como se muestra en la FIG. 1, aunque, alternativamente, se puede configurar de acuerdo con cualquier otra configuración punto-multipunto.

La PON 100 puede tener una distancia máxima de transmisión menor que o igual a aproximadamente 20 km y una relación de división menor que o igual a aproximadamente 1:64. Por ejemplo, en la ODN 130 se puede utilizar una pluralidad de divisores para separar cada rama de fibra en una pluralidad de ramas hasta alcanzar una relación de división semejante. En general, con el fin de aumentar la relación de división y aumentar la distancia máxima de transmisión de la PON 100 se pueden añadir una pluralidad de amplificadores y/o regeneradores ópticos, por ejemplo para acoplar algunos de los cables de fibras de la ODN 130 y de este modo amplificar la potencia de la señal óptica para un mayor alcance y/o una mayor relación de división. Sin embargo, dicha combinación de divisores y amplificadores (o regeneradores) ópticos puede aumentar el coste de la implementación, lo que puede no resultar deseable o práctico.

La FIG. 2 ilustra un modo de realización de una PON 200 de largo alcance/alta división, que puede tener una mayor distancia máxima de transmisión, por ejemplo, mayor que aproximadamente 20 km. Adicional o alternativamente, la PON 200 de largo alcance/alta división puede tener una mayor relación de división, por ejemplo, mayor que aproximadamente 1:64. Concretamente, la PON 200 de largo alcance/alta división se puede configurar para una mayor distancia máxima de transmisión y/o una mayor relación de división sin utilizar un amplificador o regenerador óptico en el sistema. La PON 200 de largo alcance/alta división puede comprender un OLT 210, una pluralidad de ONT 220, y una ODN 230 acoplada al OLT 210 y a las ONT 220. Al igual que la PON 100, la PON 200 de largo alcance/alta división puede ser un sistema GPON, EPON, APON, BPON, WPON o NGA.

De manera análoga al OLT 110, el OLT 210 puede estar configurado para comunicarse con las ONT 220 y otra red (que no se muestra), y puede actuar como intermediario entre la otra red y las ONT 220. El OLT 210 puede comprender un receptor (Rx) 211, un transmisor (Tx) 212, y una pluralidad de separadores 213 de señales ópticas. Los separadores de señales ópticas pueden ser cualesquiera dispositivos configurados para separar en el OLT 210 las señales ópticas del flujo ascendente y del flujo descendente. Por ejemplo, los separadores 213 de señales ópticas pueden ser diplexores WDM o circuladores ópticos que reciben las señales ópticas del flujo ascendente de la ODN 230 a través de una pluralidad de primeras fibras y le reenvían las señales ópticas del flujo ascendente al Rx 211 a través de una pluralidad de segundas fibras. Las primeras fibras pueden estar configuradas para transmisión bidireccional desde y hacia las ONT 220 y las segundas fibras pueden ser fibras monomodo. Los separadores ópticos 213 también pueden recibir las señales ópticas del flujo descendente desde el Tx 212 a través de una tercera pluralidad de fibras y reenviarle las señales ópticas del flujo descendente a la ODN 230 a través de las primeras fibras.

Adicionalmente, el OLT 210 puede comprender un acoplador 214 de modos acoplado al Rx 211 y a los separadores 213 de señales ópticas, y un divisor 215 del OLT acoplado al Tx 212 y a los separadores 213 de señales ópticas. El acoplador 214 de modos puede ser cualquier dispositivo configurado para acoplar las señales ópticas del flujo ascendente desde las ONT 220 en el Rx 211. Las señales ópticas del flujo ascendente pueden ser reenviadas al Rx 211 a través de la ODN 230, que puede estar acoplada a los separadores 213 de señales ópticas. Concretamente, el acoplador 214 de modos puede acoplar las señales ópticas del flujo ascendente en diferentes modos ópticos, por ejemplo de forma parecida a un esquema de multiplexación por división de espacio. Las señales ópticas del flujo ascendente acopladas pueden ser reenviadas al Rx 211 y de ese modo detectadas. El Rx 211 puede detectar una pluralidad de modos o canales acoplados correspondientes a las señales ópticas del flujo ascendente. El acoplamiento de las señales ópticas del flujo ascendente en diferentes modos ópticos puede reducir la pérdida de inserción para cada señal óptica y de este modo mejorar la detección, en comparación con los sistemas de los receptores convencionales que utilizan divisores ópticos. La reducción de la pérdida de inserción en el esquema de detección óptica puede incrementar la estimación de potencia del sistema para la transmisión en sentido del flujo ascendente, lo que puede extender la distancia máxima de transmisión para las señales ópticas del flujo ascendente desde las ONT 220 al OLT 210. Adicionalmente, el incremento de la estimación de potencia puede permitir una mayor relación de división para dar servicio a más ONT 220 en el sistema. De este modo, la utilización del acoplador 214 de modos puede mejorar las capacidades de largo alcance y alta división del sistema sin añadir amplificadores o

regeneradores ópticos.

El divisor 215 del OLT puede ser cualquier dispositivo configurado para dividir las señales ópticas del flujo descendente desde el Tx 212 en una pluralidad de copias de la señal del flujo descendente, que pueden ser reenviadas a los separadores 213 de señales ópticas. Los separadores 213 de señales ópticas pueden reenviarle las señales ópticas del flujo descendente a la ODN 230. En comparación con el incremento en la estimación de potencia proporcionado por el acoplador 214 de modos, el divisor 215 del OLT puede no proporcionar, o proporcionar un incremento menos considerable, en la estimación de potencia para la transmisión en sentido del flujo descendente. No obstante, las señales ópticas del flujo descendente pueden ser transmitidas en una longitud de onda igual a aproximadamente 1490 nanómetros (nm), y pueden sufrir pérdidas de fibra inferiores a las de las señales ópticas del flujo ascendente (por ejemplo a aproximadamente 1310 nm). De este modo, los requisitos de largo alcance y alta división del sistema para las señales ópticas del flujo descendente pueden ser inferiores a los requisitos para las señales ópticas del flujo ascendente. Por consiguiente, mediante la utilización de la combinación del acoplador 214 de modos y el divisor 215 del OLT se puede proporcionar en el sistema una transmisión de largo alcance y una relación de división globales mejorados.

La ODN 230 puede comprender una pluralidad de divisores 232 de la ODN que reciben las señales ópticas del flujo descendente procedentes del OLT 210. Los divisores 232 de la ODN pueden ser cualesquiera dispositivos configurados para dividir las señales ópticas del flujo descendente procedentes del OLT 210 en una pluralidad de copias de la señal del flujo descendente. Las copias de la señal del flujo descendente pueden ser reenviadas a las ONT 220, que se pueden configurar de forma similar a las ONT 130. Concretamente, cada uno de los divisores 232 de la ODN se puede acoplar a los separadores 213 de señales ópticas a través de los primeros cables de fibra, por ejemplo, cables de fibra bidireccionales, y a una pluralidad de ONT 220 correspondientes a través de otra pluralidad de cables de fibra similares a los primeros cables de fibra. En un modo de realización, las ONT 220 se pueden acoplar a cada divisor 232 de la ODN a través de una pluralidad de cables de fibra, que pueden estar acoplados en paralelo en un solo cable agregado. En un modo de realización alternativo, los divisores 232 de la ODN pueden estar situados en la central telefónica con el OLT 210 en lugar de en la ODN 230.

En un modo de realización, el OLT 210 puede comprender aproximadamente cuatro separadores 213 de señales ópticas, cada uno de los cuales puede estar acoplado al acoplador 214 de modos y al divisor 215 del OLT, como se muestra en la FIG. 2. En correspondencia, la ODN 230 puede comprender aproximadamente cuatro divisores 232 de la ODN, cada uno de los cuales puede estar acoplado a uno de los separadores 213 de señales ópticas a través de un cable de fibra diferente. Cada uno de los divisores 232 de la ODN también puede estar acoplado a hasta aproximadamente ocho ONT 220 (por ejemplo, ONT1 a ONT8). De este modo, la PON 200 de largo alcance/alta división puede tener una relación de división de aproximadamente 1:32. En otros modos de realización, la PON 200 de largo alcance/alta división puede tener una relación de división más alta, como por ejemplo mayor que o igual a aproximadamente 1:64. Por ejemplo, cada uno de los aproximadamente cuatro divisores 232 de la ODN puede estar acoplado a al menos aproximadamente 16 ONT 220 a través de cables de fibra independientes.

Adicionalmente, la arquitectura de la PON 200 de largo alcance/alta división se puede utilizar para permitir que una pluralidad de PON compartan un único puerto del OLT. Por ejemplo, el OLT 210 puede estar acoplado a una pluralidad de PON, cada una de las cuales puede comprender una ODN similar a la ODN 230 y una pluralidad de ONT similares a las ONT 220. El OLT 210 se puede implementar durante una fase inicial de despliegue de la PON o durante una fase de actualización para evolucionar hacia la próxima generación de PON. En la fase de despliegue inicial o de actualización puede haber relativamente pocos usuarios en cada PON. En consecuencia, una serie de PON puede compartir un único puerto del OLT, lo que puede reducir los costes de la implementación inicial. Más adelante, cuando aumenta el número de usuarios en cada PON se pueden incorporar puertos del OLT adicionales.

La Tabla 1 muestra una pluralidad de parámetros de PON para la configuración de una PON que se puede utilizar en la PON 200 de largo alcance/alta división. Los parámetros de PON pueden corresponder a las señales ópticas del flujo ascendente y a las señales ópticas del flujo descendente. La PON 200 de largo alcance/alta división puede tener una distancia máxima de transmisión igual a aproximadamente 60 km y una relación de división igual a aproximadamente 1:32. Por ejemplo, la relación de división puede ser igual a aproximadamente 1:4 para cada uno de los acopladores 214 de modos, y en el divisor 215 del OLT puede ser igual a aproximadamente 1:8 para cada uno de los divisores 232 de la ODN. Para las señales ópticas del flujo ascendente, los parámetros de PON pueden comprender una potencia del transmisor de las ONT (por ejemplo, para cualquiera de las ONT 220) y una sensibilidad del receptor del OLT (por ejemplo, para el Rx 211). La potencia del transmisor de las ONT puede ser igual a aproximadamente dos decibelios por milivatio (dBm) y la sensibilidad del receptor del OLT puede ser igual a aproximadamente -32 dBm. Los parámetros de las señales del flujo ascendente pueden comprender también una pérdida de fibra correspondiente a unos 60 km de distancia a una longitud de onda de aproximadamente 1310 nm (para la transmisión del flujo ascendente), una pérdida en el primer divisor (por ejemplo, en los divisores 232 de la ODN), y una pérdida en el acoplador de modos (por ejemplo, suponiendo una pérdida de inserción de aproximadamente un decibelio (dB)).

La pérdida de fibra puede ser igual a aproximadamente 21 dB, la pérdida del primer divisor puede ser igual a aproximadamente diez dB, y la pérdida del acoplador de modos puede ser igual a aproximadamente un dB. Adicionalmente, se puede calcular un margen para la estimación de potencia para la transmisión del flujo

ascendente en función de al menos algunos de los parámetros restantes. El margen de la estimación de potencia puede ser igual a aproximadamente dos dB.

De modo análogo, los valores de los parámetros de PON para las señales ópticas del flujo descendente pueden comprender una potencia del transmisor del OLT (por ejemplo, para el Tx 212), una pérdida de fibra que corresponde a aproximadamente 60 km distancia a una longitud de onda de aproximadamente 1490 nm (para la transmisión en sentido del flujo descendente), una pérdida en el primer divisor (por ejemplo, en el divisor 232 de la ODN que tiene una relación de división de aproximadamente 1:8), una pérdida en el segundo divisor (por ejemplo, para el divisor 215 del OLT que tiene una relación de división de aproximadamente 1:4), y una sensibilidad del receptor de las ONT (por ejemplo, para cualquiera de las ONT 220). Para las señales ópticas del flujo descendente, la potencia del transmisor del OLT puede ser igual a aproximadamente tres dBm, la pérdida de fibra puede ser igual a aproximadamente 15 dB, la pérdida del primer divisor puede ser igual a aproximadamente diez dB, la pérdida del segundo divisor puede ser igual a aproximadamente siete dB, y la sensibilidad del receptor de las ONT puede ser igual a aproximadamente -32 dBm. De este modo, el margen de la estimación de potencia calculado para la transmisión en sentido del flujo descendente puede ser igual a aproximadamente tres dB, lo que puede ser ligeramente mayor que para la transmisión en sentido del flujo ascendente.

Por consiguiente, la provisión de un receptor de acoplamiento de modos de baja pérdida para la transmisión en sentido del flujo ascendente y una detección convencional para la transmisión en sentido del flujo descendente puede ser suficiente para mejorar las capacidades de largo alcance y/o la relación de división globales del sistema.

Sentido del flujo ascendente		Sentido del flujo descendente	
Potencia transmitida por las ONT	2 dBm	Potencia transmitida por el OLT	3 dBm
Pérdida de fibra en 60 km a 1310 nm	21 dB	Pérdida de fibra en 60 km a 1490 nm	15 dB
Pérdida del divisor (1:8)	10 dB	Pérdida del divisor (1:8)	10 dB
Pérdida del acoplador de modos	1 dB	Pérdida del divisor (1:4)	7 dB
Sensibilidad del receptor del OLT	-32 dBm	Sensibilidad del receptor de las ONT	-32 dBm
Margen de la estimación de potencia	2 dB	Margen de la estimación de potencia	3 dB

Tabla 1

En un modo de realización, la PON 200 de largo alcance/alta división se puede configurar para soportar comunicaciones para aproximadamente 64 ONT 220, por ejemplo, puede tener una relación de división igual a aproximadamente 1:64. Por ejemplo, la relación de división del acoplador 214 de modos puede ser igual a aproximadamente 1:2 y la relación de división de los divisores 232 de la ODN puede ser igual a aproximadamente 1:32. Por consiguiente, el acoplador 214 de modos puede estar acoplado a aproximadamente dos divisores 232 de ODN, cada uno de los cuales puede estar acoplado a aproximadamente 32 ONT 220. Alternativamente, la relación de división del acoplador 214 de modos puede ser igual a aproximadamente 1:4 y la relación de división de los divisores 232 de ODN puede ser igual a aproximadamente 1:16. En otro modo de realización, el acoplador 214 de modos puede tener una relación de división igual a aproximadamente 1:8 y los divisores 232 de ODN pueden tener también una relación de división igual a aproximadamente 1:8. En otros modos de realización, la PON 200 de largo alcance/alta división puede tener una relación de división mayor que aproximadamente 1:64, por ejemplo, puede soportar más de aproximadamente 64 ONT 220. Por ejemplo, la relación de división del acoplador 214 de modos puede ser igual a aproximadamente 1:3 o aproximadamente 1:4, y la relación de división de los divisores de la ODN puede ser igual a aproximadamente 1:32. Alternativamente, el acoplador 214 de modos puede tener una relación de división igual a aproximadamente 1:8 y los divisores 232 de ODN pueden tener una relación de división igual a aproximadamente 1:16 o aproximadamente 1:32. Para conseguir una relación de división combinada mayor que aproximadamente 1:64 se pueden utilizar otras combinaciones del acoplador 214 de modos y de los divisores 232 de ODN.

La FIG. 3 ilustra un modo de realización de un acoplador 300 de fibra, que puede ser un receptor de acoplamiento de modos de baja pérdida utilizado para acoplamiento de modos y detección en una PON de largo alcance. Por ejemplo, el acoplador 300 de fibra puede comprender al menos algunos de los componentes de acoplamiento de modos y de detección de la PON 200 de largo alcance/alta división, por ejemplo, una pluralidad de componentes del acoplador 214 de modos y el Rx 211. De acuerdo con ello, el acoplador 300 de fibra puede recibir desde las ONT una pluralidad de señales ópticas del flujo ascendente, acoplar las señales en diferentes modos ópticos, y detectar la señal en todos los modos. El acoplador 300 de fibra puede tener una menor pérdida de inserción para cada señal óptica que los esquemas de detección convencionales y, por lo tanto, puede incrementar la estimación de potencia del sistema para la transmisión en sentido del flujo ascendente. El acoplador 300 de fibra puede comprender una pluralidad de primeras fibras 310, una segunda fibra 320, y un detector 330.

Las primeras fibras 310 pueden ser fibras monomodo y pueden transportar una señal óptica del flujo ascendente desde una de las ONT. Alternativamente, cada una de las primeras fibras 310 puede transportar una pluralidad de

señales ópticas del flujo ascendente desde una pluralidad de ONT, por ejemplo, desde las ONT 220, utilizando los divisores 232 de la ODN. Cada una de las primeras fibras 310 puede comprender una punta cónica en un extremo, que se puede acoplar (por ejemplo, colocar en estrecha proximidad) a un extremo de la segunda fibra 320. Adicionalmente, cada una de las primeras fibras 310 puede estar inclinada un ángulo correspondiente con respecto a la orientación de la segunda fibra 320. Para reducir la pérdida de inserción de las primeras fibras 310, el ángulo de cada una de las primeras fibras 310 puede estar dentro del ángulo de aceptación de la segunda fibra 320. Las puntas cónicas, sus ángulos correspondientes, y la distancia entre los extremos de las primeras fibras 310 y la segunda fibra 320 se pueden configurar para mejorar el acoplamiento óptico entre modos de las primeras fibras 310 y la segunda fibra 320. Por ejemplo, las dimensiones y orientación de las puntas cónicas y la distancia entre las puntas cónicas y la segunda fibra 320 se pueden determinar en función de los diámetros de las primeras fibras 310 y la segunda fibra 320 con el fin de aumentar la cantidad de energía óptica que se puede acoplar entre las fibras y reducir la pérdida de inserción de las fibras. Adicionalmente, la cantidad de primeras fibras 310 que se pueden acoplar a la segunda fibra 320 se puede basar en los diámetros de las primeras fibras 310 y la segunda fibra 320. Por ejemplo, para proporcionar una relación de división de aproximadamente 1:3 o aproximadamente 1:4 se pueden acoplar respectivamente aproximadamente tres o aproximadamente cuatro primeras fibras 310 a la segunda fibra 320. En un modo de realización, las puntas cónicas de las primeras fibras 310 pueden tener forma de lente para mejorar aún más el acoplamiento óptico entre las primeras fibras 310 y la segunda fibra 320.

La segunda fibra 320 puede tener un diámetro mayor que el de las primeras fibras 310 combinadas y puede tener una longitud menor que la de las primeras fibras 310. Por ejemplo, el diámetro del núcleo de la segunda fibra 320 puede ser mayor que el área de sección transversal de los núcleos combinados de las primeras fibras 310. Por ejemplo, la segunda fibra 320 puede ser suficientemente larga (por ejemplo, aproximadamente unos pocos centímetros), para permitir la propagación de los modos acoplados desde las primeras fibras 310 hasta detector 330. El detector 330 puede ser un detector óptico, también denominado fotosensor o fotodetector, como por ejemplo un fotodiodo, un fotodiodo de avalancha (APD), o una célula fotoeléctrica. El detector 330 puede convertir las señales ópticas correspondientes a los modos ópticos en señales eléctricas que pueden ser procesadas posteriormente para su utilización en la comunicación. En algunos modos de realización, el acoplador 300 de fibra puede comprender al menos una lente (que no se muestra), que puede estar situada entre las primeras fibras 310 y la segunda fibra 320 con el fin de mejorar aún más el acoplamiento óptico entre las fibras. Adicionalmente, se puede utilizar una placa de silicio que comprende una pluralidad de surcos en forma de V para alinear las primeras fibras 310 y la segunda fibra 320.

La FIG. 4 ilustra un modo de realización de un acoplador 400 de guías de onda, que puede ser otro receptor de acoplamiento de modos de baja pérdida utilizado para acoplamiento de modos y detección en una PON de largo alcance. Por ejemplo, el acoplador 400 de guías de onda puede comprender al menos algunos de los componentes de acoplamiento de modos y de detección del acoplador 214 de modos y del Rx 211. Al igual que el acoplador 300 de fibra, el acoplador 400 de guías de onda puede recibir una pluralidad de señales ópticas del flujo ascendente desde las ONT, acoplar las señales en diferentes modos ópticos, y detectar las señales. El acoplador 400 de guías de onda puede comprender un sustrato 405, una pluralidad de canales 410 de las primeras guías de onda, una pluralidad de ranuras 415 correspondientes, un canal 420 de la segunda guía de onda acoplado a los canales de las primeras guías de onda, y un detector integrado 430. El acoplador 400 de guías de onda se puede obtener utilizando procesos de fabricación estándar, incluyendo, por ejemplo, deposición, exposición, crecimiento, grabado, y/o soldadura, y mediante la utilización de semiconductores y materiales dieléctricos.

El sustrato 405 puede ser un chip semiconductor, como por ejemplo un sustrato de silicio (Si) que se utiliza en la fabricación de circuitos integrados y en microelectrónica. El sustrato 405 puede ser tabular, rectangular o en forma de disco. El sustrato 405 puede proporcionar una plataforma para apoyar, sujetar y acoplar los restantes componentes del acoplador 400 de guías de onda. Los canales 410 de las primeras guías de onda, el canal 420 de la segunda guía de onda, y el detector 430 se pueden colocar sobre el sustrato 405. Las ranuras 415 también se pueden grabar en la superficie superior del sustrato 405 y pueden estar alineadas con los canales 410 de las primeras guías de onda. Por ejemplo, cada ranura 415 se puede grabar debajo de uno de los canales 410 de las primeras guías de onda. Las ranuras 415 también se pueden extender más allá de la longitud de los canales 410 de las primeras guías de onda hasta un borde del sustrato 405. De este modo, las ranuras 415 pueden permitir el acoplamiento entre los canales 410 de las primeras guías de onda y una pluralidad de fibras que pueden estar situadas dentro de las ranuras 415 y que transportan señales ópticas del flujo ascendente desde las ONT. Por ejemplo, las ranuras 415 pueden ser ranuras en forma de V que proporcionan un control de alineación preciso entre las fibras y los canales 410 de las primeras guías de onda.

Los canales 410 de las primeras guías de onda pueden ser guías de onda monomodo y el canal 420 de la segunda guía de onda puede ser una guía de onda multimodo. Los canales 410 de las primeras guías de onda y el canal 420 de la segunda guía de onda pueden estar integrados o fundidos en la parte superior del sustrato 405. Cada uno de los canales 410 de las primeras guías de onda se puede configurar para una propagación monomodo y puede transportar una de las señales ópticas del flujo ascendente al canal 420 de la segunda guía de onda. El canal 420 de la segunda guía de onda puede tener una anchura mayor que cualquiera de los canales 410 de las primeras guías de onda y se puede configurar para acoplar las señales ópticas del flujo ascendente procedentes de los canales 410 de las primeras guías de onda en una pluralidad de modos de propagación (por ejemplo, distribución del campo óptico). Los modos de propagación pueden ser modos de propagación transversales, por ejemplo, modos

transversales eléctricos, TE, modos transversales magnéticos, TM, y/o modos transversales electromagnéticos, TEM. El canal 420 de la segunda guía de onda y el detector 430 también pueden estar integrados o fundidos en la parte superior del sustrato 405. El detector 430 puede ser un fotodiodo o un fotodiodo en guía de onda configurado para convertir las señales ópticas de los diferentes modos de propagación del canal 420 de la segunda guía de onda en una pluralidad de señales eléctricas correspondientes.

Al igual que las primeras fibras 310, cada uno de los canales 410 de las primeras guías de onda se puede inclinar un ángulo correspondiente con respecto a la orientación del canal 420 de la segunda guía de onda con el fin de mejorar el acoplamiento óptico y reducir la pérdida de inserción. La cantidad de canales 410 de las primeras guías de onda que se pueden acoplar al canal 420 de la segunda guía de onda puede estar en función de las anchuras de los canales 410 de las primeras guías de onda y del canal 420 de la segunda guía de onda. Por ejemplo, se pueden acoplar aproximadamente tres o aproximadamente cuatro canales 410 de las primeras guías de onda al canal 420 de la segunda guía de onda. La integración o fusión de los canales 410 de las primeras guías de onda y canal 420 de la segunda guía de onda también pueden mejorar el acoplamiento óptico entre los canales de guía de onda y reducir la pérdida de inserción. Por consiguiente, el acoplador 400 de guías de onda puede ser un acoplador de guías de onda de baja pérdida, que se puede utilizar en la PON de largo alcance para incrementar la estimación de potencia para la transmisión en sentido del flujo ascendente. Adicionalmente, la integración o fusión del acoplador 420 de la segunda guía de onda y el detector 430 puede aumentar aún más el acoplamiento óptico global y reducir las pérdidas de inserción.

La FIG. 5 ilustra un modo de realización de un acoplador 500 de fibra fundida, que puede ser otro receptor de acoplamiento de modos de baja pérdida utilizado para acoplamiento de modos y detección en una PON de largo alcance. El acoplador 500 de fibra fundida puede comprender al menos algunos de los componentes de acoplamiento de modos y de detección de la PON 200 de largo alcance/alta división, y se puede utilizar para acoplar una pluralidad de señales ópticas del flujo ascendente procedentes de las ONT en los diferentes modos ópticos que se detectan. El acoplador 500 de fibra fundida puede aumentar la estimación de potencia para la transmisión del flujo ascendente. El acoplador 500 de fibra fundida puede comprender una pluralidad de primeras fibras 510, una porción fundida 512, una segunda fibra 520 que comprende un núcleo 522, y un detector 530.

Las primeras fibras 510, la segunda fibra 520 y el detector 530 se pueden configurar de forma análoga a los componentes correspondientes del acoplador 300 de fibra. Sin embargo, las primeras fibras 510 se pueden fusionar a la porción fundida 512, que puede estar acoplada a la segunda fibra 520. La fusión de las primeras fibras 510 puede eliminar un espacio vacío entre las primeras fibras 510, en donde la porción fundida 512 puede tener una forma de cono que reduce el diámetro combinado de las primeras fibras 510. De este modo, la porción fundida 512 puede tener un diámetro menor que el de la segunda fibra 520, que puede ser, por ejemplo, igual a aproximadamente el núcleo 522 de la segunda fibra 520. El núcleo 522 se puede configurar para confinar y permitir la propagación de los modos en la segunda fibra 520, basándose por ejemplo en el efecto de reflexión interna. La porción fundida 512 puede tener una pluralidad de núcleos correspondientes a las primeras fibras 510, que pueden acoplarse de forma efectiva al único núcleo de la segunda fibra 520.

En algunos modos de realización se puede colocar al menos una lente entre la porción 512 fundida de múltiples núcleos y la segunda fibra 520 multimodo con el fin de mejorar aún más el acoplamiento óptico y reducir la pérdida de inserción. Los núcleos en la porción fundida 512 pueden estar más cerca entre sí y tener diámetros más pequeños que los núcleos independientes de las primeras fibras 510, y por lo tanto pueden tener más acoplamiento de potencia óptica entre sí. Este acoplamiento entre los núcleos puede permitirse siempre y cuando la potencia óptica de todos los núcleos se pueda acoplar sustancialmente en la segunda fibra 520.

La FIG. 6 ilustra un modo de realización de un acoplador 600 de fibra fundida mejorado, que puede ser otro receptor de acoplamiento de modos de baja pérdida utilizado para acoplamiento de modos y detección en una PON de largo alcance. Al igual que el acoplador 500 de fibra fundida, el acoplador 600 de fibra fundida mejorado puede comprender al menos algunos de los componentes de acoplamiento de modo y de detección de la PON 200 de largo alcance/alta división, y puede acoplar una pluralidad de señales ópticas del flujo ascendente procedentes de las ONT en diferentes modos ópticos. El acoplador 600 de fibra fundida mejorado puede comprender una porción fundida 612 que comprende una pluralidad de primeros núcleos 614, una segunda fibra 620 que comprende un segundo núcleo 622, y un detector 630. La porción fundida 612, la segunda fibra 620, y el detector 630 se pueden configurar del mismo modo que los componentes correspondientes del acoplador 500 de fibra fundida.

Por ejemplo, en la porción fundida 612 se puede fundir una pluralidad de primeras fibras (que no se muestra), por ejemplo, similares a las primeras fibras 510. Sin embargo, cada uno de los primeros núcleos 614 en la porción fundida 612, que corresponden a los núcleos de las primeras fibras individuales, se puede obtener mediante la eliminación de una porción de lo que hay alrededor núcleo (por ejemplo, el revestimiento) de cada primera fibra. Los núcleos y las porciones restantes de las primeras fibras se pueden empaquetar o fundir conjuntamente para obtener la porción fundida 612 y los primeros núcleos 614. De este modo, los primeros núcleos 614 pueden estar más próximos entre sí que los núcleos en la porción fundida 512 del acoplador 500 de fibra fundida, reduciéndose de este modo el diámetro global de la porción fundida 612. El área de la sección transversal combinada de los primeros núcleos 614 también puede estar dentro de la apertura numérica de la segunda fibra 620, lo que puede dar como resultado un acoplamiento óptico mejorado entre la porción fundida 612 y la segunda fibra 620. Por ejemplo, el área

de la sección transversal combinada de los primeros núcleos 614 puede ser menor que o igual a aproximadamente el área de la sección transversal del segundo núcleo 622.

La FIG. 7 ilustra un modo de realización de un acoplador 700 de fibra-lente fundidas, que puede ser otro receptor de acoplamiento de modos de baja pérdida utilizado para acoplamiento de modos y detección en la PON de largo alcance. Por ejemplo, el acoplador 700 de fibra-lente fundidas puede comprender al menos algunos de los componentes de acoplamiento de modos y detección del acoplador 214 y el Rx 211. Al igual que el acoplador 500 de fibra fundida, el acoplador 700 de fibra-lente fundidas puede recibir una pluralidad de señales ópticas del flujo ascendente procedentes de las ONT y acoplar las señales en diferentes modos ópticos que puedan ser detectados. El acoplador 700 de fibra-lente fundidas puede comprender una pluralidad de primeras fibras 710, una porción fundida 712 y un detector 730, que se pueden configurar del mismo modo que los componentes correspondientes del acoplador 500 de fibra fundida. Adicionalmente, el acoplador 700 de fibra-lente fundidas puede comprender al menos una lente 740, que puede estar situada entre la porción fundida 712 y el detector 730, con el fin de mejorar el acoplamiento óptico entre los dos componentes.

A diferencia de los receptores de acoplamiento de modos enumerados más arriba, el acoplador 700 de fibra-lente fundidas puede no comprender una segunda fibra entre las primeras fibras 710 y el detector 730. En su lugar, la porción fundida 712 puede estar acoplada directamente al detector 730 o a través de la lente 740. De este modo las señales ópticas procedentes de las primeras fibras 710 se pueden reenviar directamente al detector 730 y ser detectadas por éste. El hecho de excluir la segunda fibra del acoplador 700 de fibra-lente fundidas puede reducir las pérdidas globales en las fibras, por ejemplo, limitando sustancialmente las pérdidas de acoplamiento de la potencia óptica entre los núcleos de las primeras fibras 710 y la porción fundida 712.

La FIG. 8 ilustra un modo de realización de un acoplador 800 de fibra-lente fundidas mejorado, que puede ser otro receptor de acoplamiento de modos de baja pérdida utilizado para acoplamiento de modos y detección en la PON de largo alcance. El acoplador 800 de fibra-lente fundidas mejorado puede comprender una porción fundida 812 que comprende una pluralidad de núcleos 814, y un detector 830 que puede estar acoplado directamente a la porción fundida 812. Adicionalmente, el acoplador 800 de fibra-lente fundidas mejorado puede comprender al menos una lente 840, que puede estar situada entre la porción fundida 812 y el detector 830 con el fin de mejorar el acoplamiento óptico entre los dos componentes. Los componentes del acoplador 800 de fibra-lente fundidas mejorado se pueden configurar del mismo modo que los componentes correspondientes del acoplador 600 de fibra fundida mejorado. Sin embargo, el acoplador 800 de fibra-lente fundidas mejorado puede no comprender una segunda fibra entre la porción fundida 812 y el detector 830. Mediante la eliminación de la segunda fibra del acoplador 800 de fibra-lente fundidas mejorado se puede mejorar el acoplamiento óptico global en el detector 830 en comparación con el del acoplador 600 de fibra fundida mejorado. Además, como los núcleos 814 de la porción fundida 812 pueden estar más cerca entre sí que los núcleos de la porción fundida 712, se puede lograr un mejor acoplamiento óptico de los núcleos 814 en comparación con el del acoplador 700 de fibra-lente fundidas.

La FIG. 9 ilustra un modo de realización de un acoplador 900 de prisma, que puede ser otro receptor de acoplamiento de modos de baja pérdida utilizado para acoplamiento de modos y detección en la PON de largo alcance. El acoplador 900 de prisma puede comprender al menos algunos de los componentes de acoplamiento de modos y detección en la PON de largo alcance. El acoplador 900 de prisma puede comprender una pluralidad de primeras fibras 910, un prisma 918 y un detector 930. Adicionalmente, el acoplador 900 de prisma puede comprender al menos una lente 940 entre el prisma 918 y el detector 930. El prisma 918 puede estar acoplado a las primeras fibras 910. De este modo el prisma 918 puede dirigir las señales ópticas hacia el detector 930. Como se muestra en la FIG. 9, la lente 940 puede enfocar las señales ópticas sobre la superficie del detector 930. El prisma 918 puede estar acoplado a aproximadamente dos, aproximadamente tres, o aproximadamente cuatro primeras fibras 910, en donde cada una de las primeras fibras 910 puede estar alineada con una de las superficies del prisma 918. Como se muestra en la FIG. 9, el prisma 918 puede tener una forma piramidal y comprender aproximadamente cinco caras. No obstante, en otros modos de realización el prisma 918 puede tener formas diferentes y puede comprender cualquier número de caras, que pueden ser planas o curvas. Los componentes restantes del acoplador 900 de prisma se pueden configurar del mismo modo que los componentes correspondientes descritos más arriba.

La FIG. 10 ilustra un modo de realización de un acoplador 1000 de fotodiodo en guía de onda, que puede ser otro receptor de acoplamiento de modos de baja pérdida utilizado para acoplamiento de modos y detección en la PON de largo alcance. El acoplador 1000 de fotodiodo en guía de onda puede comprender aproximadamente dos primeras fibras 1010, un fotodiodo 1030 en guía de onda, y opcionalmente dos lentes 1040 entre las primeras fibras 1010 y el fotodiodo 1030 en guía de onda. El fotodiodo 1030 en guía de onda se puede configurar para recibir las señales ópticas desde las dos primeras fibras 1010 y detectar las señales ópticas. El fotodiodo 1030 en guía de onda puede comprender dos secciones 1032 semiconductoras paralelas, por ejemplo, una sección semiconductor de tipo p y una sección semiconductor de tipo n, y una guía de onda 1034 de absorción entre las dos placas 1032 semiconductoras. La guía de onda 1034 de absorción puede absorber las señales ópticas de las dos primeras fibras 1010 y convertir la energía óptica en corriente eléctrica. Como se muestra en la FIG. 10, las dos primeras fibras 1010 se pueden colocar junto a los lados opuestos del fotodiodo 1030 en guía de onda y pueden estar alineadas a aproximadamente la misma altura de la guía de onda 1034 de absorción del fotodiodo 1030 en guía de onda con el fin de conseguir el acoplamiento óptico. Los restantes componentes del acoplador 1000 de fotodiodo en guía de onda se pueden configurar del mismo modo que los componentes correspondientes descritos más arriba.

La FIG. 11 ilustra un modo de realización de un método 1100 de detección de una PON de largo alcance/alta división. El método 1100 de detección de una PON de largo alcance/alta división se puede utilizar en sistemas de PON de largo alcance para recibir comunicaciones a lo largo de mayores distancias y/o para dar servicio a un mayor número de ONT en comparación con los sistemas de PON convencionales. Concretamente, el método 1100 de detección de una PON de largo alcance/alta división se puede utilizar para mejorar la estimación de potencia para las señales del flujo ascendente de las ONT al OLT. Por ejemplo, el método 1100 de detección de una PON de largo alcance/alta división se puede utilizar para establecer las comunicaciones entre un OLT y una pluralidad de ONT cuando la distancia entre el OLT y las ONT es mayor que o igual a aproximadamente 20 km. Además, el número de ONT en el sistema puede ser mayor que o igual a aproximadamente 32 ONT. El método 1100 puede comenzar en el bloque 1110, en el que se puede recibir una pluralidad de canales ópticos monomodo, por ejemplo, desde una pluralidad de ONT diferentes. Por ejemplo, cada una de la pluralidad de señales ópticas se puede recibir en el OLT a través de una fibra monomodo independiente. Alternativamente, al menos algunas de las señales ópticas se pueden recibir a través de una sola fibra.

En el bloque 1120, las señales de los canales ópticos monomodo se pueden acoplar en un canal multimodo. Por ejemplo, se puede utilizar un receptor de acoplamiento de modos de baja pérdida en el OLT, como por ejemplo cualquiera de los receptores de acoplamiento de modo, con el fin de acoplar las señales ópticas de las ONT en una pluralidad de modos correspondiente en una sola fibra o guía de onda multimodo. La combinación de las señales ópticas en una sola fibra o guía de onda multimodo puede reducir las pérdidas ópticas globales en las fibras, y en particular la pérdida de inserción de cada señal óptica. La reducción de las pérdidas ópticas en las señales ópticas puede proporcionar una estimación de potencia adicional para la transmisión de las señales ópticas desde las ONT. El aumento en la estimación de potencia se puede utilizar para ampliar el alcance y/o la relación de división de las señales ópticas de las ONT. En el bloque 1130 se puede detectar la señal en los modos ópticos del canal multimodo. Por ejemplo, se puede utilizar un detector para recuperar los datos correspondientes a los canales ópticos de las diferentes ONT. El método 1100 puede terminar en este punto.

Al menos se divulga un modo de realización y se consideran dentro del alcance de la divulgación las variaciones, combinaciones y/o modificaciones del/de los modo(s) de realización y/o de las características del/de los modo(s) de realización que hayan sido realizadas por una persona que tenga una experiencia normal en la técnica. Los modos de realización alternativos que resulten de combinar, integrar y/u omitir características del/de los modo(s) de realización también se consideran dentro del alcance de la divulgación. Cuando se indiquen expresamente intervalos numéricos o limitaciones se debe entender que tales intervalos o limitaciones expresos incluyen los intervalos o limitaciones iterativos de igual magnitud que se encuentren dentro de los intervalos o limitaciones expresamente indicados (por ejemplo, desde aproximadamente 1 hasta aproximadamente 10 incluye, 2, 3, 4, etc.; mayor que 0,10 incluye 0,11, 0,12, 0,13, etc.). Por ejemplo, cuando se indica un intervalo numérico con un límite inferior, R_i , y un límite superior, R_s , se indica específicamente cualquier número que se encuentre dentro de dicho intervalo. En particular, se indican específicamente los siguientes números dentro del intervalo: $R = R_i + k * (R_s - R_i)$, en donde k es una variable que varía desde el 1 por cien hasta el 100 por cien, en incrementos de un 1 por cien, esto es, el valor de k es 1 por ciento, 2 por ciento, 3 por ciento, 4 por ciento, 5 por ciento..., 50 por ciento, 51 por ciento, 52 por ciento..., 95 por ciento, 96 por ciento, 97 por ciento, 98 por ciento, 99 por ciento, ó 100 por cien. Es más, también se indica específicamente cualquier intervalo numérico definido por dos números R como los que se han definido más arriba. La utilización del término "opcionalmente" en relación con cualquier elemento de una reivindicación significa que el elemento es necesario, o bien que el elemento no es necesario, encontrándose ambas alternativas dentro del alcance de la reivindicación. Se debe entender que la utilización de términos más generales, como comprende, incluye, y teniendo da cabida a términos menos amplios como consta de, consta esencialmente de, y compuesto sustancialmente por. De acuerdo con ello, el alcance de la protección no está limitado por la descripción que se ha presentado más arriba, sino que se define por las reivindicaciones que siguen, incluyendo dicho alcance todos los equivalentes de los aspectos que son objeto de las reivindicaciones. Todas y cada una de las reivindicaciones se incorporan a modo de divulgación adicional en la especificación, y las reivindicaciones son modo(s) de realización de la presente divulgación. La discusión de una referencia en la divulgación no constituye una admisión de que pertenece a la técnica anterior, especialmente cualquier referencia que tenga una fecha de publicación posterior a la fecha de prioridad de la presente solicitud. La divulgación de todas las patentes, solicitudes de patente y publicaciones citadas en la divulgación se incorporan aquí mediante referencia, en la medida en que proporcionan ejemplos, detalles de procedimiento u otros detalles suplementarios a la propia divulgación.

Aunque en la presente divulgación se han proporcionado varios modos de realización, se debe entender que los sistemas y métodos divulgados se pueden materializar de muchas otras formas específicas sin apartarse del espíritu o alcance de la presente divulgación. Los ejemplos presentes han de ser considerados como ilustrativos y no restrictivos, y la intención es no limitarse a los detalles proporcionados en la presente solicitud. Por ejemplo, los distintos elementos o componentes se pueden combinar o integrar en otro sistema, o ciertas características se pueden omitir o no implementar

Adicionalmente, las técnicas, sistemas, subsistemas, y métodos que se han descrito e ilustrado en los diversos modos de realización como discretos o independientes se pueden combinar o integrar con otros sistemas, módulos, técnicas, o métodos sin apartarse del alcance de la presente divulgación. Otros elementos que se muestran o exponen como acoplados o acoplados directamente o que se comunican entre sí se puede acoplar de forma indirecta o comunicarse a través de alguna interfaz, dispositivo o componente intermedio tanto eléctrico como

mecánico, o de cualquier otra forma. Cualquier experimentado en la técnica puede idear otros ejemplos de cambios, sustituciones y alteraciones y se podrían realizar sin apartarse del alcance que se divulga en la presente solicitud.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un Terminal de Línea Óptica, OLT (210), que comprende un receptor (211), un transmisor (212), una pluralidad de separadores (213) de señales ópticas, un acoplador (214) de modos acoplado al receptor y a los separadores de señales ópticas y un divisor (215) del OLT acoplado al transmisor (212) y a los separadores (213) de señales ópticas;

10 en donde los separadores (213) de señales ópticas están configurados para separar en el OLT (210) las señales ópticas del flujo ascendente y del flujo descendente; en donde el divisor (215) del OLT está configurado para dividir las señales ópticas del flujo descendente procedentes del transmisor (212) en una pluralidad de copias de la señal del flujo descendente, siendo reenviadas las copias de la señal del flujo descendente a los separadores (213) de señales ópticas; y en donde el acoplador (214) de modos está configurado para acoplar las señales ópticas del flujo ascendente procedentes de las Unidades de Terminación de Red Óptica, ONT (220), en el receptor (211), en donde el acoplador (214) de modos comprende:

15 una pluralidad de guías de onda (410) monomodo, configuradas para transportar una pluralidad de señales monomodo;

un detector (430) acoplado a las guías de onda monomodo y configurado para detectar las señales (410) monomodo,

20 en donde las señales monomodo se acoplan sustancialmente sin pérdida desde las guías de onda (410) monomodo al detector (430), y

una guía de onda (420) multimodo situada entre las guías de onda (410) monomodo y el detector (430) y configurada para acoplar las señales monomodo en una pluralidad de modos de propagación diferentes, en donde el detector (430) detecta la señal en los modos de propagación, en donde la pluralidad de modos de propagación diferentes se corresponde con la pluralidad de señales monomodo.
- 25 2. El OLT (210) de la reivindicación 1, en el que el área de la sección transversal de cada una de las guías de onda (410) monomodo es menor que el área de la sección transversal de la guía de onda (420) multimodo.
- 30 3. El OLT (210) de la reivindicación 1, en el que las guías de onda (410) monomodo son fibras monomodo que tienen extremos estrechados acoplados a la guía de onda (420) multimodo, en donde la guía de onda (420) multimodo es una fibra multimodo, y en donde cada una de las fibras monomodo está orientada en un ángulo menor que o igual a aproximadamente un ángulo de aceptación de la fibra multimodo.
- 35 4. El OLT (210) de la reivindicación 1, en el que las guías de onda (410) monomodo, la guía de onda (420) multimodo y el detector (430) están fundidos en un chip (placa), y en donde cada una de las guías de onda (410) monomodo está orientada en un ángulo menor que o igual a aproximadamente un ángulo de aceptación de la guía de onda (420) multimodo.
5. El OLT (210) de la reivindicación 1, en el que las guías de onda (410) monomodo son fibras monomodo que tienen una porción fundida acoplada a la guía de onda (420) multimodo, en donde la guía de onda (420) multimodo es una fibra multimodo, y en donde el diámetro de la porción fundida es menor que o igual a aproximadamente un diámetro de un núcleo de la fibra multimodo.
- 40 6. El OLT (210) de la reivindicación 1, en el que las guías de onda (410) monomodo se corresponden con una pluralidad de núcleos en una sola fibra, en donde la guía de onda (420) multimodo es una fibra multimodo, y en donde el diámetro de la única fibra es menor que o igual a aproximadamente el diámetro de la fibra multimodo.

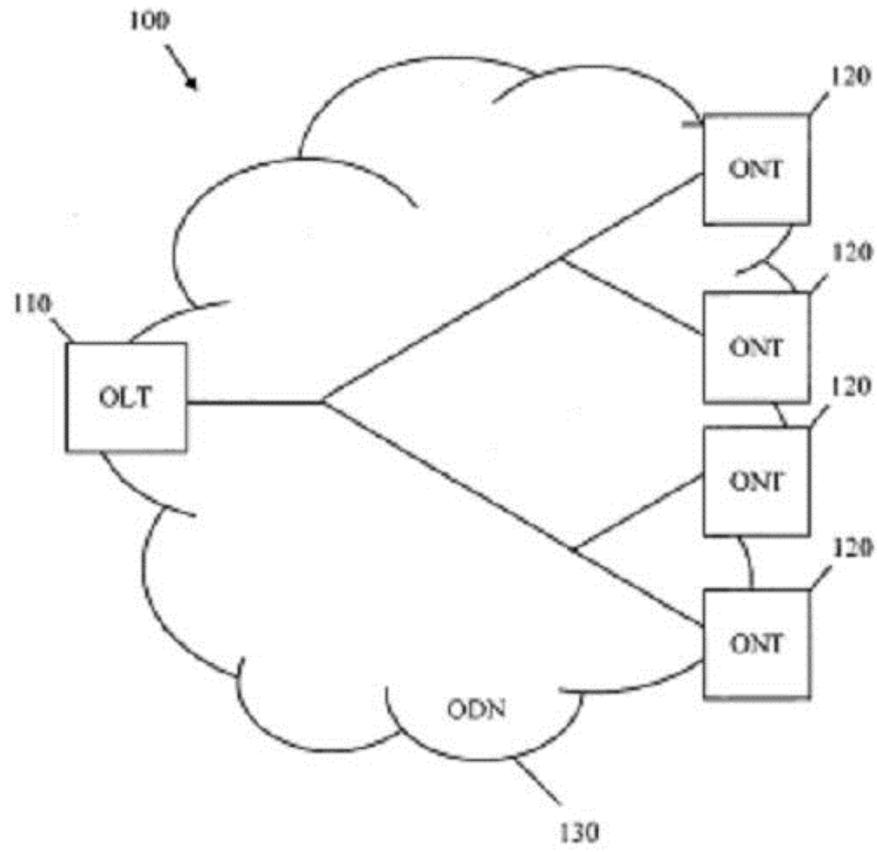


FIG. 1

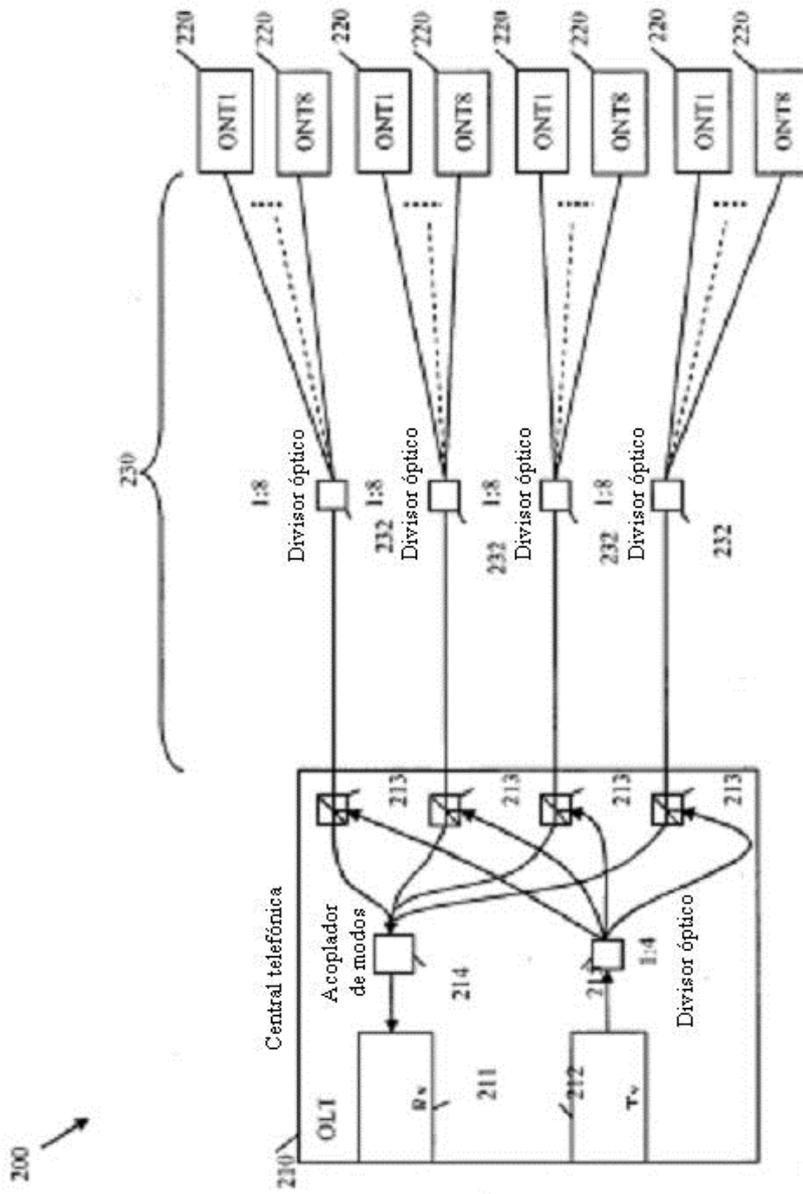


FIG. 2

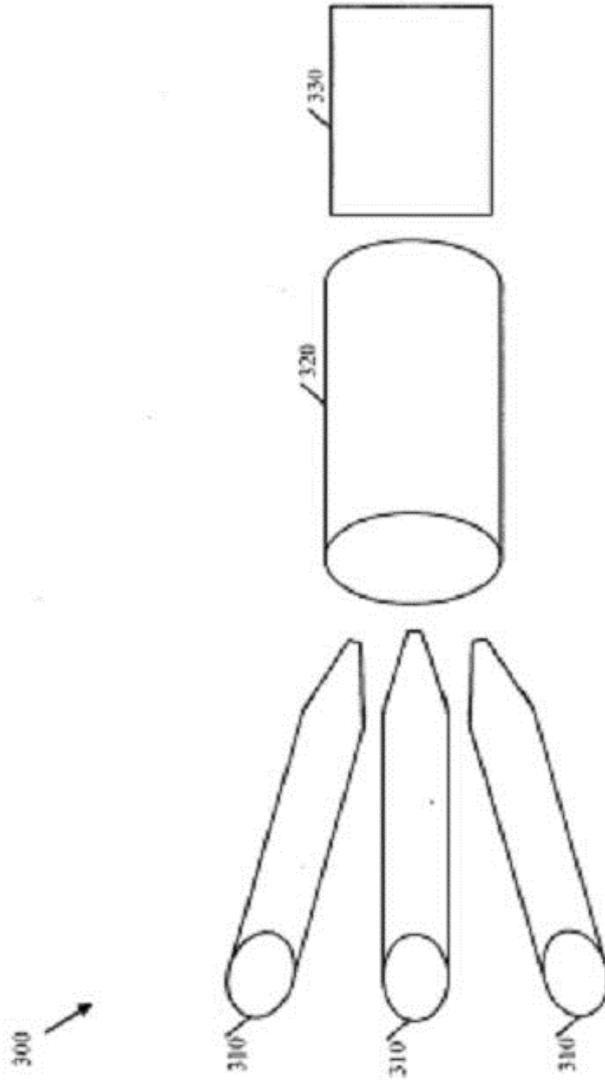


FIG. 3

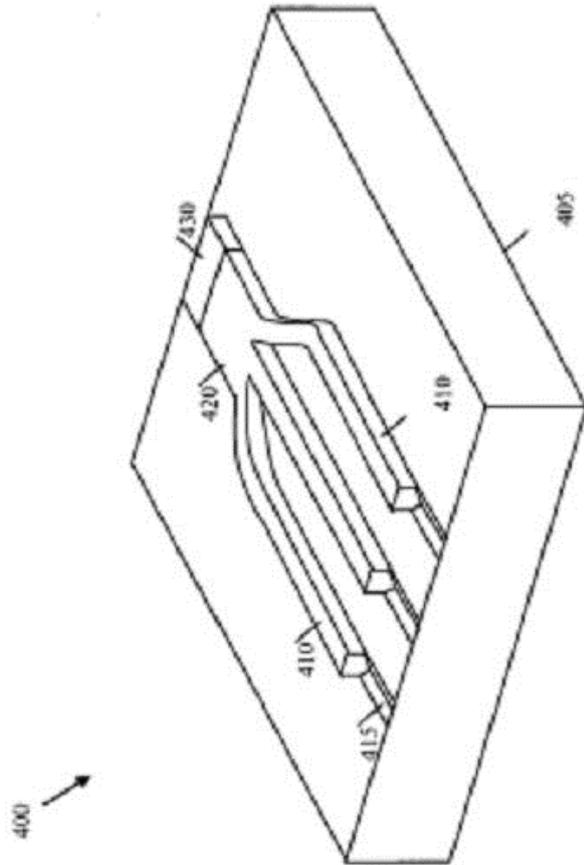


FIG. 4

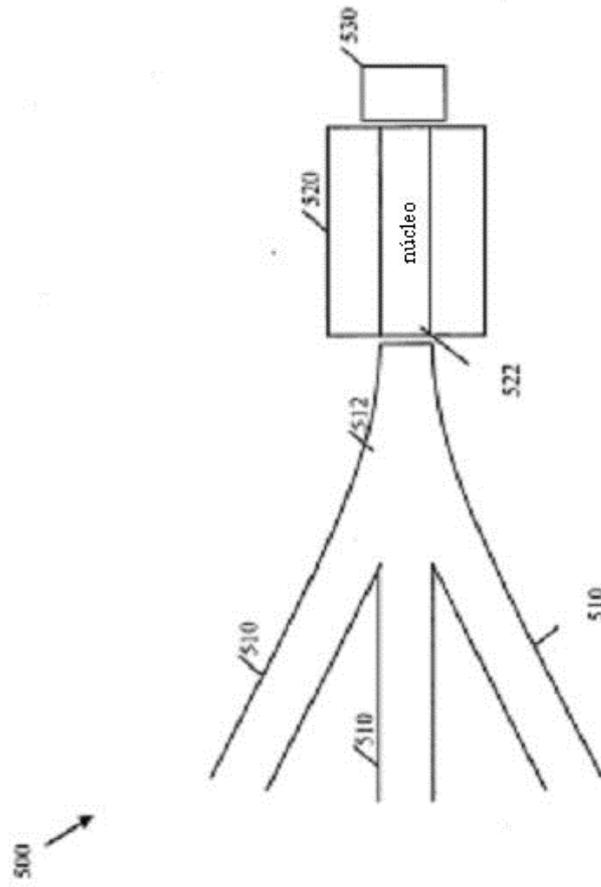


FIG. 5

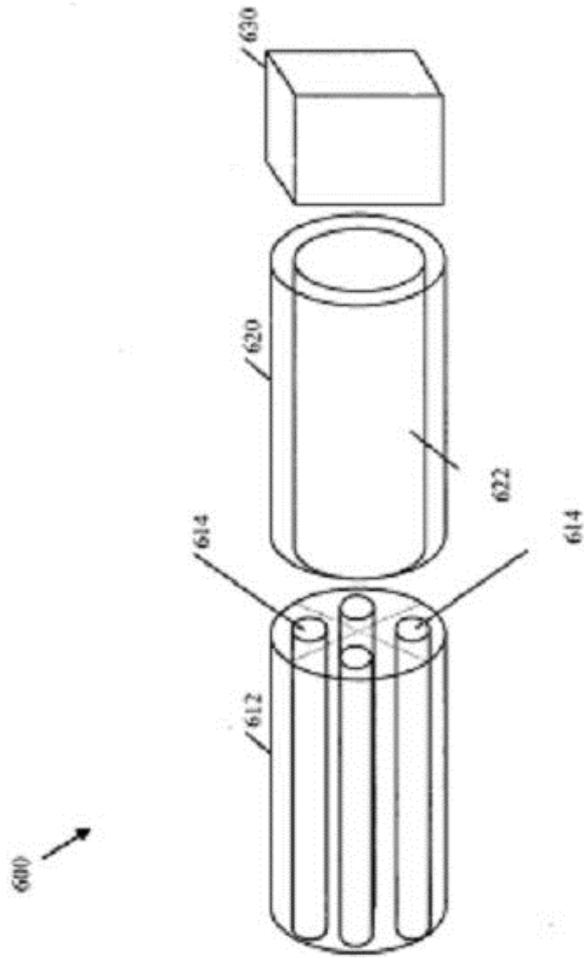


FIG. 6

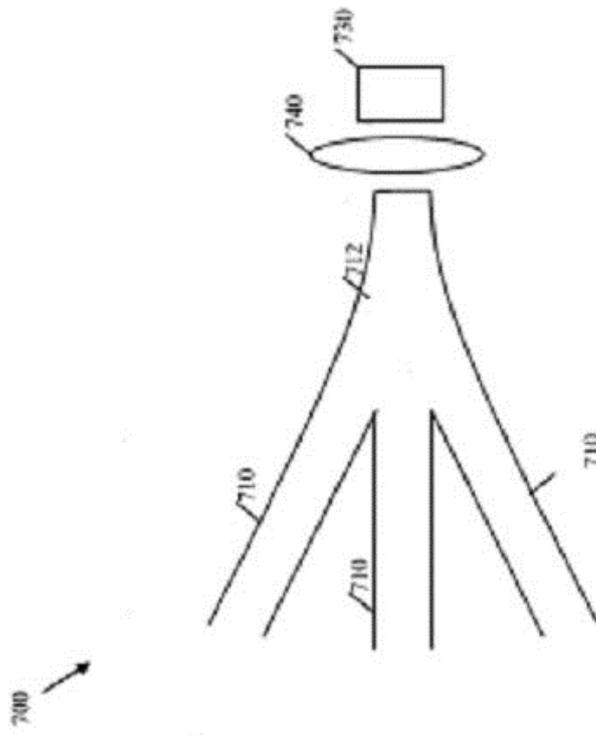


FIG. 7

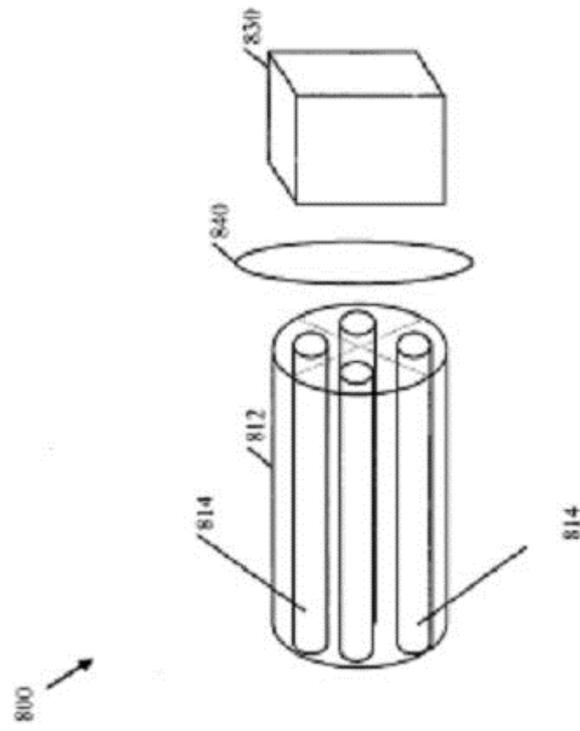


FIG. 8

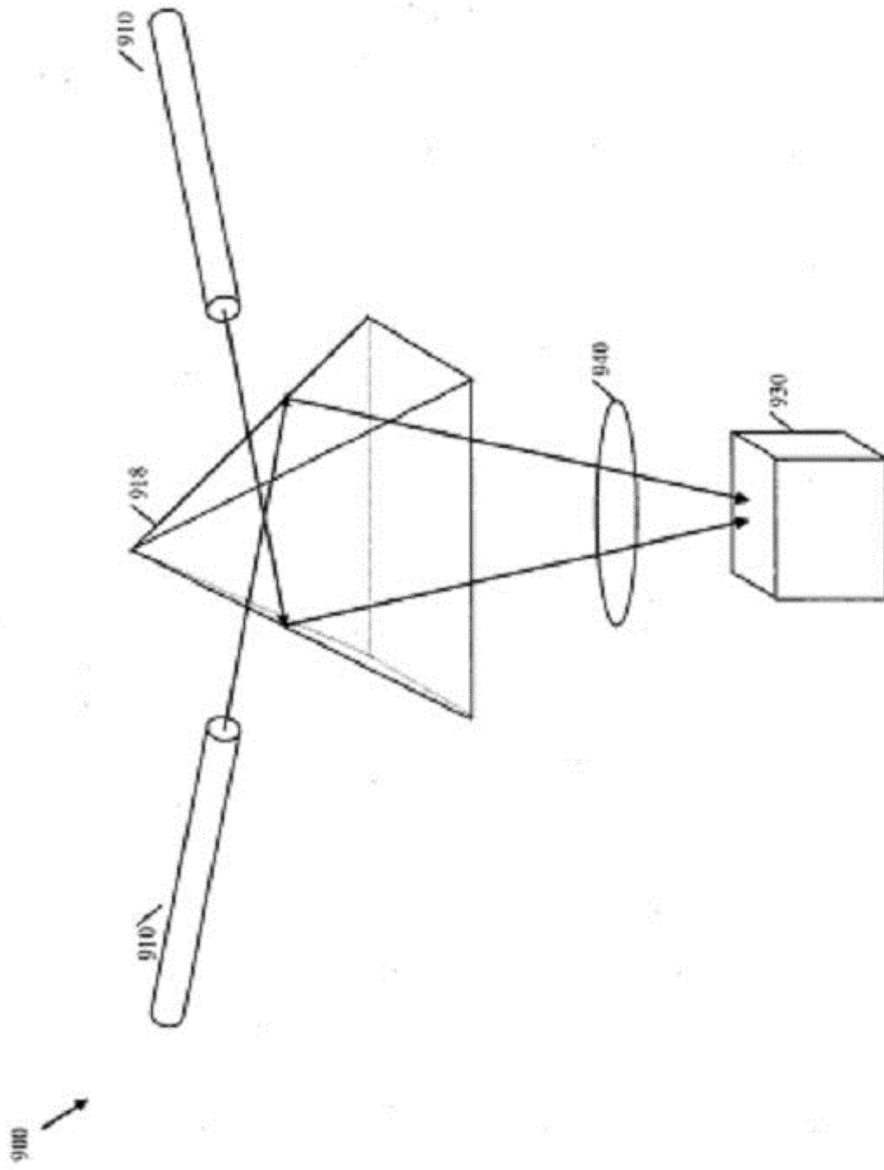


FIG. 9

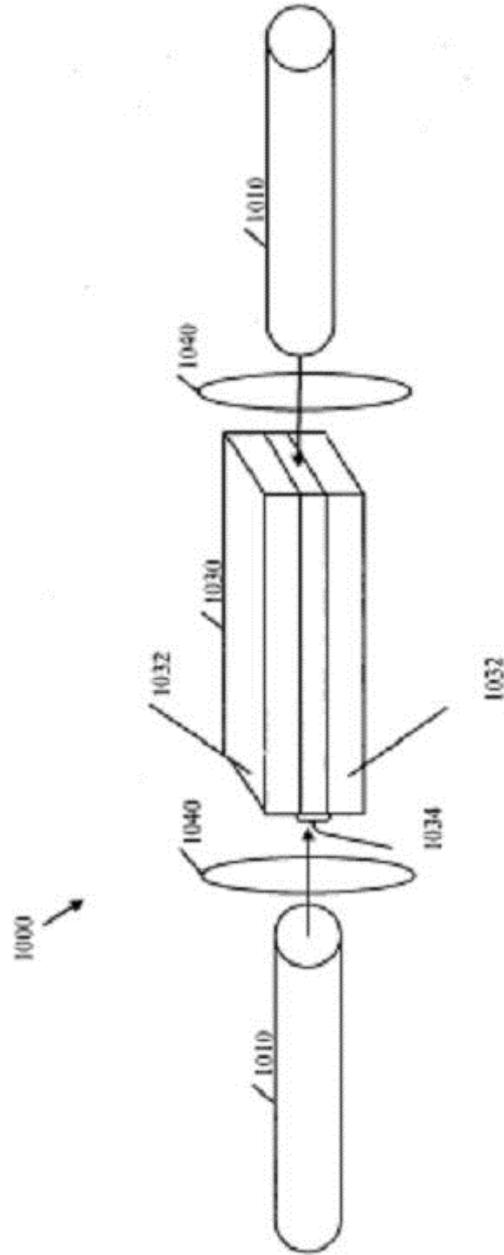


FIG. 10

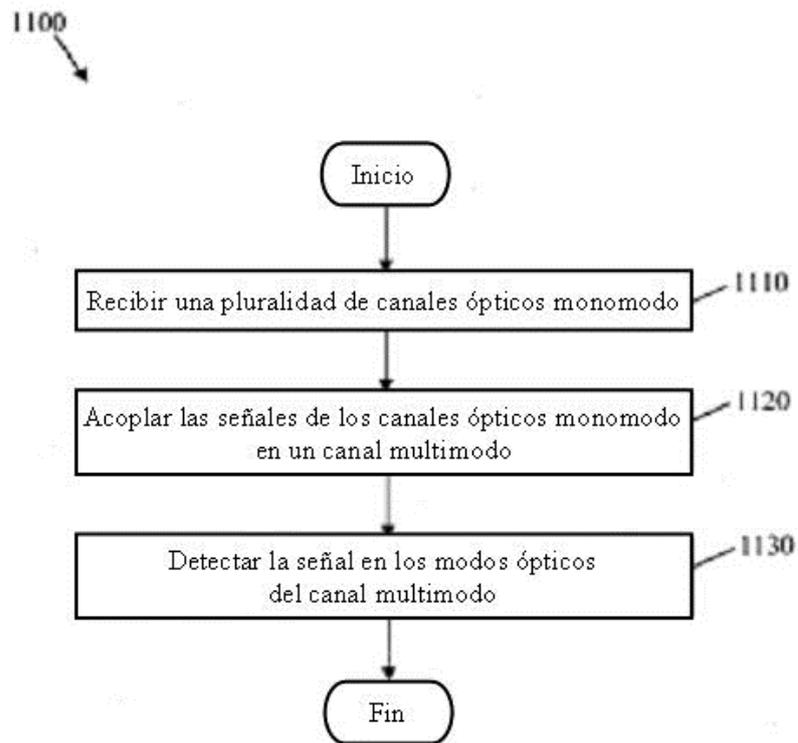


FIG. 11