

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 378 096**

51 Int. Cl.:

G02B 6/00 (2006.01)

H04J 14/02 (2006.01)

H04B 10/12 (2006.01)

H04B 10/158 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07816997 .6**

96 Fecha de presentación: **27.09.2007**

97 Número de publicación de la solicitud: **2062076**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **27.05.2009**

54 Título: **Método y sistema para tomas de redes de difracción con destino a supervisar una antena de red emisora DWDM integrada a una plataforma de circuito de ondas luminosas planas (PLC)**

30 Prioridad:
11.10.2006 US 829013 P
20.09.2007 US 858868

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
04.04.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
04.04.2012

73 Titular/es:
**Huawei Technologies Co., Ltd.
Huawei Administration Building Bantian
Longgang District, Shenzhen
Guangdong 518129 , CN**

72 Inventor/es:
**SHEN, Xiaoandy y
BAI, Yusheng**

74 Agente/Representante:
Lehmann Novo, Isabel

ES 2 378 096 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

Método y sistema para tomas de redes de difracción con destino a supervisar una antena de red emisora DWDM integrada a una plataforma de circuito de ondas luminosas planas (PLC)

5

CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención está destinada a sistemas de transporte de fibra óptica y más en particular, a un método y un sistema para puntos de toma de red de difracción para supervisar una antena de red emisora de multiplexión por división en longitudes de ondas densas (DWDM) integrada en una plataforma de circuito de ondas luminosas planas (PLC).

10

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Se ha dedicado un esfuerzo considerable al desarrollo de emisores de bajo coste compactos para aplicaciones de multiplexión por división en longitudes de ondas densas (DWDM) desde los primeros años 1990s. Uno de los enfoques más prometedores es integrar láseres de semiconductores, tomas de derivación de redes ópticas y dispositivos de guía de ondas basados en sílice tales como red selectiva planaria de guías de ondas (AWG) o acopladores, en conjunto, para formar una red emisora 1xN DWDM. En comparación con los dispositivos discretos, este método elimina los puentes de fibras entre emisores y la unidad de multiplexión MUX. Además, en lugar del empaquetado de cada emisor y unidad MUX individualmente con sus propias carcasas físicas y conectores de latiguillos de fibras, esta integración híbrida sólo utiliza una caja con un número más bien pequeño de latiguillos de conexión. Además, el tamaño físico de la red emisora es mucho más pequeño que las magnitudes de los dispositivos discretos, lo que aumenta considerablemente la densidad de puertos.

15

20

25

Aún cuando estos sistemas DWDM convencionales sean de utilidad en algunas áreas, presentan numerosas limitaciones que restringen su efectividad en aplicaciones más amplias. Algunas de estas limitaciones se examinarán a continuación y luego se dan a conocer tecnologías perfeccionadas basadas en formas de realización de la presente invención.

30

El documento US 6.064.783 da a conocer un láser integrado y una guía de ondas acoplada. Una pluralidad de láseres está acoplada a una guía de ondas que tiene múltiples derivaciones. Una red de difracción se utiliza para mejorar el acoplamiento vertical de la salida de cada uno de la pluralidad de láseres en una bifurcación superpuesta de guía de ondas.

35

El documento EP 1 133 082 A1 da a conocer un sistema de supervisión óptica. Una toma de derivación óptica está conectada a una guía de ondas para derivar una parte de una señal óptica. Un dispositivo de demultiplexión, tal como una red selectiva planaria de guías de ondas (AWG) se conecta a la toma de derivación óptica para recibir la señal óptica y separar la señal óptica en una pluralidad de señales demultiplexadas. Un circuito matricial de fotodiodos recibe la pluralidad de señales demultiplexadas.

40

El documento EP 0 495 413 A1 da a conocer un detector de ondas luminosas que proporciona funciones de seguimiento y supervisión de longitudes de onda formando una red de difracción en una guía de ondas luminosas. La luz difractada, procedente de la guía de ondas, se recibe por un dispositivo detector de ondas luminosas que está constituido por múltiples fotodetectores y se detectan los cambios en el ángulo de emisión de la luz difractada causada por la longitud de onda de la luz incidente.

45

El documento US 6.628.850 B1 da a conocer una fibra óptica que presenta un núcleo de fibra y un revestimiento de fibra y el índice de refracción del revestimiento es menor que el del núcleo.

50

SUMARIO DE LA INVENCION

La presente invención está destinada a sistemas de transporte de fibra óptica. Más en particular, una forma de realización de la invención da a conocer una solución integrable de bajo coste y compacta para supervisar la potencia óptica individual en una red emisora DWDM integrada en una plataforma de PLC. Solamente a modo de ejemplo, la invención da a conocer un método para utilizar redes de difracción de índice de refracción débil formadas sobre una guía de ondas de sílice/silicio para redireccionar una parte de la potencia óptica verticalmente fuera del medio de transmisión para su detección por un circuito integrado de fotodiodos en la plataforma PLC situado por encima de la red de difracción. No obstante, sería reconocido que la invención presenta una gama mucho más amplia de aplicabilidad.

55

60

Según una forma de realización concreta, la invención da a conocer un aparato emisor DWDM integrado que comprende un substrato de sílice sobre silicio, constituido por una capa de sílice y una capa de silicio. El substrato de sílice sobre silicio incluye también una zona rebajada. El emisor comprende una pluralidad de guías de ondas de entrada dentro de la capa de sílice y una pluralidad de redes de difracción dentro de la capa de sílice. Cada una de la pluralidad de redes de difracción está acoplada a una correspondiente de las guías de ondas de entrada. Una red selectiva planaria de guías de ondas está dispuesta dentro de la capa de sílice y acoplada a la pluralidad de guías de ondas de entrada. Al menos una guía de ondas de salida está dispuesta dentro de la capa de sílice y acoplada a la red selectiva planaria de guías de

65

ondas. Además, el emisor comprende una pluralidad de láseres dispuestos en la zona rebajada del sustrato de sílice sobre silicio. Cada uno de los láseres está acoplado, por medios ópticos, a una correspondiente de la pluralidad de guías de ondas de entrada. El emisor comprende, además, una pluralidad de fotodiodos, cada uno de los cuales se superpone a una correspondiente de la pluralidad de redes de difracción para supervisar la potencia óptica en una correspondiente de las guías de ondas de entrada.

En una forma de realización del emisor, cada una de las guías de ondas de entrada, dentro de la capa de sílice, comprende una zona de núcleo rodeada por una zona de revestimiento. La zona de núcleo está caracterizada por un índice de refracción mayor que un índice de refracción de la zona de revestimiento. En una forma de realización de la invención, cada una de la pluralidad de redes de difracción está dispuesta en una parte de la zona de revestimiento por encima de la zona de núcleo. Cada una de las redes de difracción comprende una pluralidad de elementos de redes de difracción. En una forma de realización, cada una de la pluralidad de redes de difracción comprende una pluralidad de zonas de difracción en la zona de revestimiento y la pluralidad de zonas de difracción está caracterizada por un índice de refracción diferente de un índice de refracción de la zona de revestimiento. En un ejemplo concreto la zona de revestimiento está formada en sílice no dopado y las zonas de difracción están formadas en sílice dopado. En otra forma de realización de la invención, cada una de la pluralidad de redes de difracción comprende una pluralidad de elementos de redes de difracción en una parte de la zona de revestimiento. El paso de la pluralidad de elementos de redes de difracción se selecciona para proporcionar una potencia difractada máxima que forma un ángulo de 90 grados en relación con un eje de la zona de núcleo al mismo tiempo que evita la retroreflexión. En algunas formas de realización, una guía de ondas de entrada está caracterizada por longitudes de onda de DWDM en una banda entre una primera longitud de onda λ_1 y una segunda longitud de onda λ_2 y un paso de los elementos de redes de difracción en cada una de la pluralidad de redes de difracción se selecciona desde fuera de los márgenes entre $L_1 = m \frac{(\lambda_1 / n)}{2}$ y $L_2 = m \frac{(\lambda_2 / n)}{2}$, en donde n es un índice de refracción de la guía de ondas y m es un número entero.

En una forma de realización concreta, la zona de núcleo incluye sílice dopado y la zona de revestimiento incluye sílice no dopado. En otra forma de realización, una guía de onda de entrada está caracterizada por longitudes de onda DWDM en la banda C (1530–1560 nm) y un paso de la pluralidad de elementos de redes de difracción se selecciona desde fuera de los márgenes entre 510–520 nm, 1020–1040 nm o 1530–1560 nm.

Según una forma de realización alternativa, la invención da a conocer un método para formar un aparato emisor DWDM integrado. El método comprende proporcionar una capa de silicio y formar un multiplexor óptico dentro de una capa de sílice sobre la capa de silicio. El multiplexor óptico comprende una pluralidad de guías de ondas de entrada y al menos una guía de ondas de salida. La formación del multiplexor óptico comprende los procesos siguientes: formación de una primera capa de revestimiento de sílice sobre la capa de silicio, la formación de una capa de núcleo de sílice sobre la primera capa de revestimiento de sílice, el ataque químico superficial de al menos una parte de la capa de núcleo de sílice y el depósito de una segunda capa de revestimiento de sílice sobre la capa de núcleo de sílice, sometida a ataque químico, y la primera capa de revestimiento de sílice.

Este método comprende, además, la formación de una pluralidad de redes de difracción dentro de la segunda capa de revestimiento de sílice. Cada una de la pluralidad de redes de difracción está acoplada a una correspondiente de las guías de ondas de entrada. El método comprende la eliminación de al menos una primera parte de la capa de sílice para dejar expuesta una superficie y el montaje de una pluralidad de láseres de semiconductores en la superficie. Cada uno de los láseres está acoplado, por medios ópticos, a una correspondiente de la pluralidad de guías de ondas de entrada. El método comprende, además, la fijación de una pluralidad de fotodiodos a la capa de sílice, con cada uno de la pluralidad de fotodiodos superpuesto a una correspondiente de la pluralidad de redes de difracción para supervisar la potencia óptica en una correspondiente de las guías de ondas de entrada.

En una forma de realización concreta del método, la primera capa de revestimiento de sílice comprende una capa de sílice no dopado. En una forma de realización, la segunda capa de revestimiento de sílice comprende una capa de sílice no dopado. En otra forma de realización, la capa de núcleo de sílice comprende una capa de sílice dopado. En una forma de realización concreta, cada una de la pluralidad de redes de difracción comprende una pluralidad de zonas de difracción en una parte de la zona de revestimiento por encima de la zona de núcleo. La pluralidad de zonas de difracción está caracterizada por un índice de refracción diferente del índice de refracción de la zona de revestimiento. En otra forma de realización concreta, la zona de revestimiento está formada en una capa de sílice no dopado y las zonas de difracción están formadas en una capa de sílice dopado. En una forma de realización alternativa, la pluralidad de redes de difracción se forma utilizando una exposición de rayos UV con una máscara. En otra forma de realización concreta, cada una de la pluralidad de redes de difracción comprende una pluralidad de elementos de redes de difracción en una parte de la zona de revestimiento y se selecciona un paso de la pluralidad de elementos de redes de difracción para proporcionar una potencia difractada máxima formando un ángulo de 90 grados con respecto a un eje de la zona de núcleo al mismo tiempo que se evita la retroreflexión.

En comparación con la técnica anterior, la técnica actual puede aportar numerosas ventajas. Por ejemplo, en algunas formas de realización, la invención da a conocer una solución integrable de bajo coste y compacta para supervisar la potencia óptica en una red emisora DWDM integrada sobre una plataforma de PLC. Algunas formas de realización de la presente invención dan a conocer una solución de bajo coste y muy compacta para la supervisión de la potencia óptica

en redes ópticas activas/pasivas integradas. En formas de realización concretas, el método de redireccionamiento de las ondas luminosas no necesita ningún "estado real" adicional en el circuito integrado y proporciona un rendimiento mejor o comparable con respecto a otras tecnologías convencionales. Varias formas de realización de la presente invención eliminan también algunas restricciones sobre los emisores de láser en comparación con una integración monolítica de láser y fotodiodo. De este modo, se puede conseguir un emisor de más alto rendimiento así como dispositivos ópticos integrados con la utilización de esta invención.

Varios objetos, características y ventajas adicionales de la presente invención se pueden hacer más evidentes con referencia a la descripción detallada y dibujos adjuntos siguientes.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La Figura 1 es un diagrama de vista simplificado de una red emisora 1x4 DWDM integrada que utiliza tomas de derivación de red de difracción para supervisión de la potencia, según una forma de realización de la presente invención.

La Figura 2A es un diagrama de vista superior simplificado de un emisor DWDM integrado híbrido según otra forma de realización de la presente invención.

La Figura 2B es un diagrama de vista en sección transversal ampliada simplificado de un emisor DWDM integrado híbrido, representado en la Figura 2A, según otra forma de realización de la presente invención.

La Figura 3 es un diagrama de vista simplificado de una derivación de una red emisora integrada según una forma de realización de la presente invención.

La Figura 4 es un diagrama simplificado que ilustra las condiciones de interferencia según una forma de realización de la presente invención.

La Figura 5 es un diagrama de flujo simplificado de un método para la obtención de un emisor DWDM integrado según una forma de realización de la presente invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS FORMAS DE REALIZACIÓN

La presente invención está destinada a sistemas de transporte de fibra óptica. Más en particular, una forma de realización de la invención da a conocer una solución integrable de bajo coste y compacta para supervisar la potencia óptica individual en una red emisora DWDM, integrada en una plataforma PLC. Solamente a modo de ejemplo, la invención da a conocer un método para utilizar redes de difracción de índices de refracción débil formadas sobre una guía de onda de sílice/silicio para redireccionar una parte de la potencia óptica verticalmente fuera del medio de transmisión para su detección por un circuito integrado de fotodiodos ligado a la plataforma PLC por encima de la red de difracción. No obstante, se reconocería que la invención presenta una gama mucho más amplia de aplicabilidad.

Según se expuso anteriormente, el número de componentes y el tamaño de una red emisora óptica se puede reducir integrando láseres de semiconductores, tomas de derivación ópticas y dispositivos de guías de onda basados en sílice, tales como AWG o acopladores, en conjunto, para disponer de una red emisora 1xN WDM.

Sin embargo, dicho método de integración, aunque teóricamente parece factible, presenta numerosas dificultades cuando se intenta ponerlo en práctica en un entorno real. Por ejemplo, con el fin de tener un buen rendimiento, se desea evitar la integración de cualquier amplificador óptico, tal como un amplificador óptico de semiconductores (SOA) en el emisor. Sin un amplificador SOA, la potencia emisora después del circuito MUX no suele ser suficiente para aplicaciones de larga distancia, p.e., de más de 80 km. Una cuestión problemática relacionada con la potencia emisora es la necesidad de utilizar circuitos integrados de fotodiodos discretos para supervisión de la potencia. Una señal suele tener que derivarse a lo largo de su ruta óptica con un acoplador óptico. En dicho método de integración, ello significa la necesidad de utilizar un acoplador integrado junto con mecanismos de direccionamiento de las ondas luminosas desde la salida del acoplador hacia un detector, lo que aumenta notablemente la complejidad de la integración y por consiguiente, el coste.

Las técnicas actuales para la supervisión de las señales ópticas en guías de onda de plataforma PLC comprenden la obtención de guías de ondas adicionales con un acoplamiento débil a las guías de onda que tienen señales que han de supervisarse y el encaminamiento de las guías de ondas a un borde de circuito integrado, en donde se pueden detectar las ondas luminosas por un fotodiodo. Estas técnicas, aunque sean eficaces, exigen un gran tamaño de los circuitos integrados para impedir el cruce de las guías de ondas, pero proporcionan un espacio insuficiente para la fijación de fotodiodos (PDs) en el borde, en particular cuando aumenta el número de transmisores integrados.

La integración monolítica de una toma de derivación con un emisor, tal como un láser de realimentación distribuida (DFB), aunque sea común, reduce la potencia de salida del emisor. En numerosas aplicaciones de DWDM, esta reducción se traduce en redes más pequeñas y en un alcance más corto.

De lo anterior se deduce que se requiere un nuevo método más simple y rentable para supervisar la potencia óptica en un emisor DWDM integrado.

Dependiendo de la forma de realización, la presente invención comprende varias características, que se pueden utilizar. Estas características comprenden lo siguiente:

1. Cambios periódicos en el índice de refracción en una guía de ondas integrada se utilizan para redireccionar una parte de las ondas luminosas procedentes de las guías de ondas;
2. Se da a conocer un método para la colocación de la estructura de redes de difracción fuera del núcleo de guías de onda en una zona de revestimiento;
3. El ángulo redirigido se puede ajustar en una magnitud próxima, pero no igual, a un ángulo de 90 grados con respecto a la superficie de la guía de ondas o cualquier otro ángulo deseado sin retroreflexión y
4. Se da a conocer un método para formar dichas estructuras periódicas.

Según se ilustra, las características anteriores pueden estar en una o más de las formas de realización dadas a conocer a continuación. Estas características son simplemente a modo de ejemplo, lo que no debe limitar indebidamente el alcance de la solicitud de patente. Un experto en esta técnica reconocería la posibilidad de numerosas variaciones, modificaciones y alternativas.

La Figura 1 es un diagrama de vista simplificado de una red emisora 1x4 DWDM integrada que utiliza tomas de derivación de redes de difracción para la supervisión de la potencia, según una forma de realización de la presente invención. Este diagrama es solamente a modo de ejemplo, que no debería limitar indebidamente el alcance de las reivindicaciones de la presente invención. Un experto en esta técnica reconocería la posibilidad de otras variaciones, modificaciones y alternativas. Según se ilustra, un emisor DWDM integrado 100 comprende una capa de silicio 101 y un multiplexor óptico en la capa de silicio. En una forma de realización concreta, el multiplexor óptico comprende una red selectiva planaria de guías de ondas (AWG) 110 constituida en un circuito de ondas luminosas plano de sílice sobre silicio (PLC) en la capa de silicio. Un emisor integrado 100 comprende, además, uno o más láseres, p.e., 141 a 144. En una forma de realización preferida, los láseres incluyen láseres DML realizados en InP (fosforo de indio). En algunas formas de realización, los láseres 141 a 144 se pueden formar en un circuito integrado de red lasérica. En otras formas de realización, los láseres 141 a 144 pueden ser circuitos integrados de láseres individuales. Por supuesto, existe la posibilidad de otras variaciones, modificaciones y alternativas.

En una forma de realización concreta, la red de difracción AWG 110 comprende una guía de ondas de salida óptica 112, múltiples guías de ondas de entrada 113 y guías de ondas de redes de difracción 116. En otra forma de realización, la guía de ondas de salida 112 está acoplada, por medios ópticos, a una fibra óptica 119, que se puede acoplar a un sistema de transmisión óptica. En una forma de realización concreta, las guías de ondas de redes de difracción 116 comprenden varias guías de ondas para acoplamiento a las guías de ondas de entrada y de salida. Las guías de ondas de redes de difracción 116 presentan longitudes variables para realizar funciones de multiplexión y demultiplexión por división en longitudes de onda.

Según una forma de realización de la presente invención, un emisor integrado 100 comprende tomas de derivación de redes de difracción, tales como 151, acopladas a las guías de ondas de entrada para supervisión de la potencia óptica en la guía de ondas. En otra forma de realización concreta, un fotodiodo, tal como 161, y una toma de derivación de redes de difracción, tal como 151, están acoplados a una guía de ondas de entrada. A continuación se proporcionan más detalles del emisor integrado.

La Figura 2A es un diagrama de vista superior simplificado de un emisor DWDM integrado híbrido según una forma de realización de la presente invención. Este diagrama es solamente a modo de ejemplo, que no debería limitar indebidamente el alcance de las reivindicaciones adjuntas. Un experto en esta técnica reconocería la posibilidad de otras variaciones, modificaciones y alternativas. Para fácil referencia, los componentes similares se etiquetan con las mismas referencias numéricas en las Figuras 1, 2A y 2B. Según se representa en la Figura 2A, el emisor DWDM integrado híbrido 200 comprende una capa de silicio 101. En una forma de realización concreta, la capa de silicio 101 comprende un sustrato de sílice sobre silicio. El emisor híbrido 200 comprende, además, un multiplexor óptico en la capa de silicio. En una forma de realización concreta, el multiplexor óptico comprende una red selectiva planaria de guías de ondas (AWG) 110 obtenida en un circuito de ondas luminosas plano (PLC) de sílice sobre silicio en la capa de silicio. El emisor híbrido 200 comprende, además, uno o más circuitos integrados de redes laséricas múltiples, p.e., 114 y 115. En una forma de realización preferida, los circuitos integrados de redes laséricas comprenden láseres DML realizados en InP (Fosforo de indio). En una forma de realización concreta, cada circuito integrado de red lasérica InP comprende dos o más láseres, por ejemplo, los láseres 141 a 144. En otras formas de realización, los láseres 141 a 144 se pueden formar en circuitos integrados laséricos individuales. Por supuesto, pueden realizarse otras variaciones, modificaciones y alternativas.

En una forma de realización concreta, la red AWG 110 comprende un puerto de salida óptica 112, múltiples puertos de entrada 113 y guías de ondas de redes de difracción 116. En otra forma de realización, el puerto de salida 112 está acoplado, por medios ópticos, a una fibra óptica 119, que se puede acoplar a un sistema de transmisión óptica. Los puertos de salida y de entrada, por ejemplo, pueden realizarse todos ellos en la forma de guías de ondas. En una forma de realización concreta, las guías de ondas de redes de difracción 116 comprenden varias guías de ondas para su acoplamiento a los puertos de entrada y de salida. Estas guías de ondas presentan longitudes variables para realizar las funciones de multiplexión y demultiplexión por división en longitudes de onda. En algunas formas de realización, cada puerto de entrada de la red AWG presenta una longitud de onda central y una banda de paso asociada con la transmisión de ondas luminosas. En una forma de realización concreta, la longitud de onda central corresponde a una longitud de onda particular asociada con una frecuencia definida por las normas ITU-T, por ejemplo, 193,1 THz.

La Figura 2B es un diagrama de vista en sección transversal simplificado del emisor DWDM integrado híbrido 200 representado en la Figura 2A, según una forma de realización de la invención. Este diagrama es solamente a modo de ejemplo, lo que no debería limitar indebidamente el alcance de protección de las reivindicaciones adjuntas. Un experto en esta técnica reconocería la posibilidad de otras variaciones, modificaciones y alternativas. Según se representa, una guía de ondas incluye una zona de sílice dopado 121 encerrada en una capa de sílice no dopado 122 sobre un sustrato de silicio 124. En otra forma de realización concreta, la zona de sílice dopado 121 presenta un índice de refracción más alto que el de la zona de sílice no dopado. En un ejemplo concreto, la zona de sílice dopado 121 presenta un índice de refracción de aproximadamente 1,47 y la zona de sílice no dopado presenta un índice de refracción de aproximadamente 1,45.

Según las formas de realización de la presente invención, el emisor integrado 200 comprende uno o más circuitos integrados de redes lásericas y cada circuito integrado de red láserica puede comprender dos o más láseres. En la forma de realización concreta representada en la Figura 2A, el emisor integrado 200 comprende dos circuitos integrados de redes lásericas de modulación directa (DML) 114 y 115. En este ejemplo concreto, cada uno de los circuitos integrados de redes DML 114 y 115 comprende cuatro láseres de modulación directa (DMLs) 141 – 144 hechos en InP. En otra forma de realización, los láseres 141 a 144 pueden ser circuitos integrados lásericos individuales. En una forma de realización concreta, los circuitos integrados lásericos DMLs son de los tipos de láseres de realimentación distribuida (DFB) y por lo tanto, se hacen funcionar en el modo de frecuencia única. En algunas formas de realización, cada DML funciona en torno a una longitud de onda (frecuencia) particular que se define por las normas ITU-T, por ejemplo, 193,1 THz. Por supuesto, un experto en esta técnica reconocería la posibilidad de otras variaciones, modificaciones y alternativas.

Según algunas formas de realización de la presente invención, las redes DML pueden ser también circuitos integrados DML únicos. En otra forma de realización, las redes DMLs se pueden sustituir por láseres de corriente continua CW y moduladores integrados, por ejemplo, un láser DFB integrado con un modulador de electro-absorción (EA). En una forma de realización alternativa, los láseres pueden ser también láseres de redes de difracción de Bragg distribuida (DBR). En varias formas de realización, la red AWG se puede sustituir por un combinador de guías de onda N x 1 PLC de banda ancha. En algunas formas de realización, se puede utilizar un amplificador de fibra dopada de erbio (EDFA) o un amplificador de guía de ondas dopado de erbio (EDWA) se puede utilizar para compensar la pérdida excesiva del combinador de banda ancha.

Según se representa en la Figura 2A, según algunas formas de realización de la presente invención, los circuitos integrados de redes DML están montados en una parte de la capa de silicio 101, en la proximidad de los puertos de entrada 113 de la red AWG 110. En una forma de realización, este montaje se realiza utilizando un método de circuitos integrados tipo flip en el lado -p. Dependiendo de la forma de realización, se pueden utilizar también otros métodos de unión utilizando adhesivos adecuados. En la Figura 2B, la capa de silicio 101 comprende un sustrato de sílice sobre silicio. Una zona de la capa de silicio comprende la guía de ondas de red AWG. En otra zona de la capa de silicio, una parte de la sílice se elimina para formar una zona rebajada y los circuitos integrados de redes DML están montados sobre la superficie de sílice restante sobre el sustrato de silicio. En otra forma de realización, se elimina la capa de sílice en una segunda zona del sustrato de silicio y los circuitos integrados de redes DML están montados sobre la superficie de silicio expuesta.

Según una forma de realización concreta de la invención, la capa de silicio está montada sobre un componente de soporte 130, según se ilustra en la Figura 2B. En una forma de realización concreta, el componente de soporte 130 comprende un submontaje opcional 132 y un componente de ajuste de la temperatura 134. El componente de ajuste de la temperatura mantiene los componentes ópticos, tales como las guías de ondas, la red AWG y las redes DMLs a una temperatura operativa adecuada, por ejemplo, aproximadamente 25°C. En una forma de realización concreta, el componente de ajuste de la temperatura incluye un enfriador eléctrico térmico (TEC). En algunas formas de realización, el emisor integrado 100 comprende, además, un micro-calentador en una proximidad a cada uno de los láseres para ajuste de la temperatura. En otra forma de realización, a la temperatura de funcionamiento, las longitudes de onda centrales de las redes DMLs coinciden aproximadamente con las de los puertos de entrada de red AWG, por ejemplo 193,1 THz, 193,2 THz, 193,3 THz, etc. En condiciones normales, las longitudes de onda centrales de la red AWG se pueden desplazar con la temperatura en aproximadamente 0,01 nm/°C y las longitudes de onda centrales de los láseres de InP se desplazan con temperaturas en aproximadamente 0,1 nm/°C. En algunas formas de realización, el componente de soporte 130 comprende también un submontaje 132 en el componente de ajuste de la temperatura 134.

En una forma de realización de la invención, el submontaje 132 está constituido por materiales que contienen metales o materiales cerámicos que proporcionan una resistencia mecánica adecuada. El submontaje presenta, además, una buena conductancia térmica cuando se requiere para el componente de ajuste de la temperatura para controlar la temperatura de los componentes ópticos, tales como el láser y la guía de ondas.

La Figura 3 es un diagrama de vista simplificado de una derivación de una red emisora integrada según una forma de realización de la presente invención. Este diagrama es solamente un ejemplo, por lo que no debería limitar indebidamente el alcance de protección de las reivindicaciones adjuntas. Un experto en esta técnica reconocería la posibilidad de otras variaciones, modificaciones y alternativas. Según se representa, el diagrama de vista en sección transversal ilustra una parte de una guía de ondas de entrada 313 que está localizada cerca de un circuito integrado de diodo láser 315, antes de que se combine con otras guías de ondas de entrada en una red AWG (no representada). En una forma de realización, la guía de ondas 313 está situada en la capa de sílice según se ilustra con referencia a las Figuras 2A y 2B. La guía de ondas 313 comprende una zona de núcleo 321 rodeada por una zona de revestimiento 322, similar a la guía de ondas representada en las Figuras 2A y 2B. En una forma de realización concreta, la zona de núcleo está caracterizada por un índice de refracción mayor que el de la capa de revestimiento. En otra forma de realización, la zona de núcleo 321 puede ser una zona de sílice dopado rodeada por una zona de revestimiento de sílice no dopado 322.

Según formas de realización de la invención, una red de índice de refracción 351 está formada superpuesta a la guía de ondas 313 que está acoplada al diodo láser 315. La red de difracción 351 suele incluir múltiples elementos de redes de difracción. En otra forma de realización, la red de difracción 351 comprende una pluralidad de zonas de difracción en una parte de la zona de revestimiento 322. Estas zonas de difracción están caracterizadas por un índice de difracción que es diferente de un índice de refracción de la zona de revestimiento. En otra forma de realización, la red de difracción 351 está situada a lo largo de la dirección de propagación en la zona de revestimiento 322 por encima de la zona de núcleo de guía de ondas 321. A medida que la onda luminosa se propaga a lo largo del núcleo, una parte de la onda luminosa que se propaga en la zona de revestimiento cercana a las interfaces (conocida como modo de revestimiento) constata un cambio periódico del índice de refracción cuando alcanza la red de difracción 351. Esta parte de la onda luminosa será difractada fuera de la red de difracción, según se ilustra en la Figura anterior. La onda luminosa difractada de cada paso a lo largo de la red de difracción se interferirá entre sí, de forma constructiva o destructiva, formando ángulos diferentes. Una forma de realización concreta de la presente invención da a conocer un diseño de la red de difracción en donde la interferencia constructiva puede ocurrir en una dirección casi vertical con respecto a la dirección de propagación. Según formas de realización de la invención, la magnitud de la onda luminosa difractada desde la red de difracción es directamente proporcional a la onda luminosa en la guía de ondas. En una forma de realización concreta de la invención, un fotodiodo 361 está situado por encima de la red de difracción 351 y se puede supervisar, con precisión, la potencia óptica en la guía de ondas.

En una forma de realización ilustrada en la Figura 3, la red de difracción está incorporada en el circuito integrado de guía de ondas sobre la parte superior del núcleo y el fotodiodo está situado por encima de la red de difracción. De este modo, según las formas de realización de la invención, no se necesita ningún espacio de circuito integrado adicional cuando se diseña dicho emisor. En una forma de realización, la eficiencia de acoplamiento desde el núcleo al detector se determina, en gran medida, por la distancia de la red de difracción a la interfaz de revestimiento/núcleo. Cuanto más pequeña sea la distancia, tanto mayor será la eficiencia.

En algunas formas de realización, las redes de difracción se forman utilizando técnicas similares a las anteriormente descritas para formar guías de ondas. Por ejemplo, las zonas de difracción en una red de difracción se pueden formar depositando un material de red de difracción que presenta un índice de refracción diferente del que tiene la zona de revestimiento, realizando un ataque químico del material de red de difracción en formas deseadas y recubriéndolo con una capa del material de revestimiento. En una forma de realización concreta, la zona de revestimiento está formada en una capa de sílice no dopado y las zonas de difracción se pueden formar en una capa de sílice dopado. Dependiendo de las formas de realización, se pueden utilizar también otros métodos. En algunas formas de realización, las redes de difracción se pueden fabricar mediante exposición de radiación UV con una máscara. Por ejemplo, la exposición de radiación UV se puede utilizar para modificar el índice de refracción en algunas zonas de difracción en la zona de revestimiento de la guía de ondas para formar redes de difracción.

La Figura 4 es un diagrama simplificado que ilustra las condiciones de interferencia según una forma de realización de la presente invención. Este diagrama es solamente un ejemplo, que no debería limitar indebidamente el alcance de protección de las reivindicaciones adjuntas. Un experto en esta técnica reconocería la posibilidad de realizar otras variaciones, modificaciones y alternativas. Según se representa en la Figura 3, la condición para la interferencia constructiva, formando un ángulo de reflexión de aproximadamente 90 grados (vertical a la superficie del circuito integrado) se regula por la expresión siguiente,

$$L - L \cdot \sin(\theta) = m \cdot \lambda / n$$

en donde θ es el ángulo desviado respecto a 90 grados, m es un número entero, λ es una longitud de onda de emisor, n es el índice de refracción en la guía de ondas y L es el paso de la red de difracción periódica.

Para la interferencia constructiva primaria, $m = 1$, se obtendría la potencia difractada máxima en un ángulo de 90 grados cuando $L = \lambda/n$. Sin embargo, esta condición genera una fuerte retroreflexión a medida que entra en resonancia con la longitud de onda láserica, dando lugar a una elevada inestabilidad de longitud de onda/potencia del emisor. La condición general para tener dichas retroreflexiones se proporciona haciendo el ángulo θ igual a aproximadamente 90 grados, p.e.,

$$L = m \frac{(\lambda/n)}{2}.$$

En una forma de realización de la presente invención, para longitudes de onda de DWDM en la banda C (1530–1560 nm), este espaciado en la guía de ondas de sílice ($n = 1,5$) no puede estar comprendido entre 510–520 nm, 1020–1040 nm o 1530–1560 nm, etc. Por lo tanto, según una forma de realización concreta de la invención, la regla para elegir L es tal que el valor del espaciado debe ser lo más próximo posible al valor de λ , pero sin caer dentro de cualquier ventana de variación anteriormente mencionada. Dicho de otro modo, para una guía de onda caracterizada por longitudes de onda en una banda entre una primera longitud de onda λ_1 y una segunda longitud de onda λ_2 , un paso de los elementos de redes de difracción, en cada una de las redes de difracción, se selecciona a partir de los márgenes

entre $L_1 = m \frac{(\lambda_1/n)}{2}$ y $L_2 = m \frac{(\lambda_2/n)}{2}$, en donde n es el índice de refracción de la guía de ondas y m es un número entero.

Aunque lo anterior ha sido ilustrado utilizando un grupo seleccionado de componentes para el sistema emisor DWDM integrado, pueden existir numerosas alternativas, modificaciones y variaciones. Por ejemplo, algunos de los componentes pueden ser expandidos y/o combinados. Otros componentes se pueden insertar a los anteriormente indicados. Dependiendo de la forma de realización, la disposición de componentes se puede intercambiar con otros sustituidos.

La Figura 5 es un diagrama de flujo simplificado que ilustra un método para obtener un emisor DWDM integrado según una forma de realización de la invención. Este diagrama es solamente un ejemplo, que no debería limitar indebidamente el alcance de protección de las reivindicaciones adjuntas. Un experto en esta técnica reconocería la posibilidad de otras variaciones, modificaciones y alternativas. El método se puede describir brevemente a continuación, haciendo referencia al diagrama de flujo representado en la Figura 5.

1. (Proceso 510) Proporcionar una capa de silicio;
2. (Proceso 520) Formar un multiplexor óptico en una capa de sílice sobre la capa de silicio;
3. (Proceso 530) Formar redes de difracción dentro de la capa de sílice;
4. (Proceso 540) Eliminar una primera parte de la capa de sílice para formar una zona rebajada y para dejar expuesta una superficie;
5. (Proceso 550) Montar circuitos integrados lásericos sobre la superficie y
6. (Proceso 560) Fijar fotodiodos superpuestos sobre las redes de difracción.

Según se representa, la Figura 5 ilustra un método para obtener un aparato emisor de DWDM integrado. El método se describe ahora a continuación y algunas particularidades se pueden entender mejor haciendo referencia a las Figuras 1 a 4. El método comprende (Proceso 510) proporcionar una capa de silicio y (Proceso 520) formar un multiplexor óptico dentro de una capa de sílice situada sobre la capa de silicio. En una forma de realización, el multiplexor óptico incluye una pluralidad de guías de ondas de entrada y al menos una guía de ondas de salida. En otra forma de realización, el multiplexor óptico incluye, además, una red selectiva planaria de guías de ondas. En otra forma de realización concreta, el proceso de formar el multiplexor óptico (Proceso 520) comprende los procesos siguientes: formar una primera capa de revestimiento de sílice sobre la capa de silicio, formar una capa de núcleo de sílice sobre la primera capa de revestimiento de sílice, someter a ataque químico al menos una parte de la capa de núcleo de sílice y depositar una segunda capa de revestimiento de sílice sobre la capa de núcleo de sílice sometida a ataque químico y la primera capa de revestimiento de sílice. En otra forma de realización, la primera capa de revestimiento de sílice y las segundas capas de revestimiento son capas de sílice no dopado. La capa de núcleo de sílice puede ser una capa de sílice dopado.

En el Proceso 530, el método comprende la formación de redes de difracción en la capa de sílice para dirigir las señales ópticas a un fotodiodo para supervisar la potencia óptica en una guía de ondas. Según se describió anteriormente, haciendo referencia a la Figura 3, en una forma de realización concreta, una red de índice de difracción 351 se somete a ataque químico en la guía de ondas 313, que está acoplada al diodo láser 315. En otra forma de realización concreta, la red de difracción 351 incluye una pluralidad de zonas de difracción en una parte de la zona de revestimiento 322. En una forma de realización, la red de difracción 351 está situada a lo largo de la dirección de propagación en la zona de revestimiento 322 por encima de la zona de núcleo de guía de ondas 321. En una forma de realización concreta, la zona de revestimiento se forma en sílice no dopado y las zonas de difracción se pueden formar en sílice dopado. En

algunas formas de realización, las redes de difracción se pueden fabricar mediante exposición de rayos UV con una máscara. Por ejemplo, la exposición de UV se puede usar para modificar el índice de refracción en algunas zonas de difracción en la zona de revestimiento de la guía de ondas para formar redes de difracción

5 En el Proceso 540, el método comprende la retirada de al menos una primera parte de la capa de sílice para formar una zona rebajada y para dejar expuesta una superficie. Dependiendo de la forma de realización, la superficie expuesta puede ser una superficie de silicio o una superficie de sílice. En el Proceso 550, el método comprende el montaje de circuitos integrados de láseres de semiconductores sobre la superficie. En una forma de realización concreta, cada uno de los circuitos integrados de láseres incluye uno o más diodos láser de INP (fosforo de indio). El montaje se puede
10 realizar, por ejemplo, utilizando un método de montaje de circuitos integrados tipo *flip*. Cada uno de los circuitos integrados lásericos está acoplado, por medios ópticos, a una correspondiente de entre la pluralidad de guías de ondas de entrada. El método incluye también (Proceso 560) la fijación de una pluralidad de fotodiodos, estando cada uno de la pluralidad de fotodiodos superpuesto a una correspondiente de la pluralidad de redes de difracción.

15 La secuencia anterior de procesos proporciona un método para la obtención de un aparato emisor de DWDM integrado, según una forma de realización de la invención. Según se ilustra, el método utiliza una combinación de procesos, incluyendo una forma de obtener un multiplexor óptico en un sustrato de sílice sobre silicio y el montaje de circuitos integrados lásericos sobre una parte del sustrato. Se pueden dar a conocer, además, otras alternativas, en las que se añaden etapas, se eliminan una o más etapas o se proporcionan una o más etapas en una secuencia diferente, sin
20 desviarse del alcance de protección de las reivindicaciones adjuntas. Detalles adicionales del presente método se pueden encontrar a través de la presente descripción.

Gracias a la presente invención, se consiguen numerosas ventajas sobre las técnicas convencionales. Por ejemplo, en algunas formas de realización, la invención da a conocer una solución integrable, de bajo coste y compacta para
25 supervisar la potencia óptica individual en una red emisora DWDM integrada en una plataforma de PLC. Algunas formas de realización de la presente invención ofrecen una solución de bajo coste muy compacta para la supervisión de la potencia óptica en sistemas ópticos activos/pasivos integrados. En formas de realización concretas, el método de redireccionamiento de las ondas luminosas no requiere ningún "estado real" adicional en el circuito integrado y ofrece un rendimiento mejor/comparable. Varias formas de realización de la presente invención eliminan también algunas
30 limitaciones sobre los emisores lásericos en comparación con la integración monolítica de láser y fotodiodo. De este modo, se pueden construir, utilizando esta invención, un emisor de más alto rendimiento así como dispositivos ópticos integrados con mejores prestaciones.

Aunque se han ilustrado y descrito las formas de realización preferidas de la invención, será obvio que la invención no
35 está limitada a estas formas de realización solamente. Para los expertos en esta materia serán evidentes numerosas modificaciones, cambios, variaciones, sustituciones y equivalentes sin desviarse por ello del espíritu y alcance de protección de la invención, según se describe en las reivindicaciones adjuntas.

40

45

REIVINDICACIONES

1. Un aparato emisor de multiplexión por división en longitudes de ondas densas, DWDM integrado, que comprende:

5 un substrato de sílice sobre silicio, comprendiendo dicho substrato de sílice sobre silicio una capa de sílice y una capa de silicio, presentando dicho substrato una zona rebajada;

una pluralidad de guías de ondas de entrada (113) dentro de la capa de sílice, comprendiendo cada una de las guías de ondas de entrada (113) una zona de núcleo (321) rodeada por una zona de revestimiento (322), teniendo la zona de núcleo (321) un índice de refracción superior a un índice de refracción de la zona de revestimiento (322);

caracterizado porque el aparato comprende, además:

15 una pluralidad de redes de difracción (151) dentro de la capa de sílice, estando cada una de la pluralidad de redes de difracción (151) acoplada a una correspondiente de las guías de ondas de entrada (113), estando cada una de la pluralidad de redes de difracción formada en una parte de la zona de revestimiento por encima de la zona de núcleo;

una red selectiva planaria de guías de ondas (110) dentro de la capa de sílice y acoplada a la pluralidad de guías de ondas de entrada (113);

20 al menos una guía de ondas de salida (112) dentro de la capa de sílice y acoplada a la red selectiva planaria de guía de ondas (110);

una pluralidad de láseres (141, 142, 143, 144) dispuestos en la zona rebajada del substrato de sílice sobre silicio, estando cada uno de la pluralidad de láseres (141, 142, 143, 144) ópticamente acoplado a una correspondiente de la pluralidad de guías de ondas de entrada (113) y

una pluralidad de fotodiodos (161), estando cada uno de la pluralidad de fotodiodos (161) superpuesto a una correspondiente de la pluralidad de redes de difracción (151) para supervisar la potencia óptica en una correspondiente de las guías de ondas de entrada (113).

35 2. El aparato según la reivindicación 1, en donde cada una de la pluralidad de redes de difracción (151) comprende una pluralidad de zonas de difracción en la zona de revestimiento (322), estando la pluralidad de zonas de difracción caracterizada por un índice de refracción diferente de un índice de refracción de la zona de revestimiento.

3. El aparato según la reivindicación 2, en donde la zona de revestimiento (322) comprende sílice no dopado y las zonas de difracción comprenden sílice dopado.

40 4. El aparato según la reivindicación 1, en donde cada una de la pluralidad de redes de difracción (151) comprende una pluralidad de elementos de redes de difracción en una parte de la zona de revestimiento (322), un paso de la pluralidad de elementos de redes de difracción se selecciona de modo que proporcione una potencia difractada máxima que forma un ángulo de 90 grados con respecto a un eje de la zona de núcleo (321), al mismo tiempo que evita la retroreflexión.

45 5. Un método para la formación de un aparato emisor DWDM integrado, caracterizado porque comprende:

proporcionar una capa de silicio (124);

50 formar un multiplexor óptico dentro de una capa de sílice (122) sobre la capa de silicio (124), comprendiendo el multiplexor óptico una pluralidad de guías de ondas de entrada (113) y al menos una guía de ondas de salida (112), en donde la formación del multiplexor óptico comprende:

la formación de una primera capa de revestimiento de sílice (322) sobre la capa de silicio (124);

55 la formación de una capa de núcleo de sílice (321) sobre la primera capa de revestimiento de sílice (322);

el ataque químico de al menos una parte de la capa de núcleo de sílice (321) y

60 el depósito de una segunda capa de revestimiento de sílice (322) sobre la capa de núcleo de sílice sometida al ataque químico (321) y la primera capa de revestimiento de sílice (322);

la formación de una pluralidad de redes de difracción (351) dentro de la segunda capa de revestimiento de sílice (322), estando cada una de la pluralidad de redes de difracción (351) acoplada a una correspondiente de las guías de ondas de entrada (113);

65 la retirada de al menos una primera parte de la capa de sílice para dejar expuesta una superficie;

el montaje de una pluralidad de láseres de semiconductores (315) en la superficie, estando cada uno de los láseres (315) ópticamente acoplados a una correspondiente de la pluralidad de guías de ondas de entrada (113) y

5 la fijación de una pluralidad de fotodiodos (361) a la capa de sílice, estando cada uno de la pluralidad de fotodiodos (361) superpuesto a una correspondiente de la pluralidad de redes de difracción (351) para supervisar la potencia óptica en una correspondiente de las guías de ondas de entrada (113).

10 **6.** El método según la reivindicación 5, en donde la primera capa de revestimiento de sílice (322) comprende una capa de sílice no dopado y/o

la segunda capa de revestimiento de sílice (322) comprende una capa de sílice no dopado.

15 **7.** El método según la reivindicación 5, en donde la capa de núcleo de sílice (321) comprende una capa de sílice dopado.

8. El método según la reivindicación 5, en donde cada una de la pluralidad de redes de difracción (351) comprende una pluralidad de zonas de difracción en la zona de revestimiento (322), estando la pluralidad de zonas de difracción caracterizada por un índice de refracción diferente de un índice de refracción de la zona de revestimiento (322).

20 **9.** El método según la reivindicación 8, en donde la zona de revestimiento comprende una capa de sílice no dopado y las zonas de difracción comprenden sílice dopado.

25 **10.** El método según la reivindicación 9, en donde la pluralidad de redes de difracción se forman utilizando la exposición de rayos UV con una máscara.

11. El método según la reivindicación 5, en donde cada una de la pluralidad de redes de difracción (351) comprende una pluralidad de elementos de redes de difracción en una parte de la zona de revestimiento (322), siendo un paso de la pluralidad de elementos de redes de difracción seleccionado para proporcionar una potencia difractada máxima formando un ángulo de 90 grados con respecto a un eje de la zona de núcleo al mismo tiempo que se evita la retroreflexión.

30

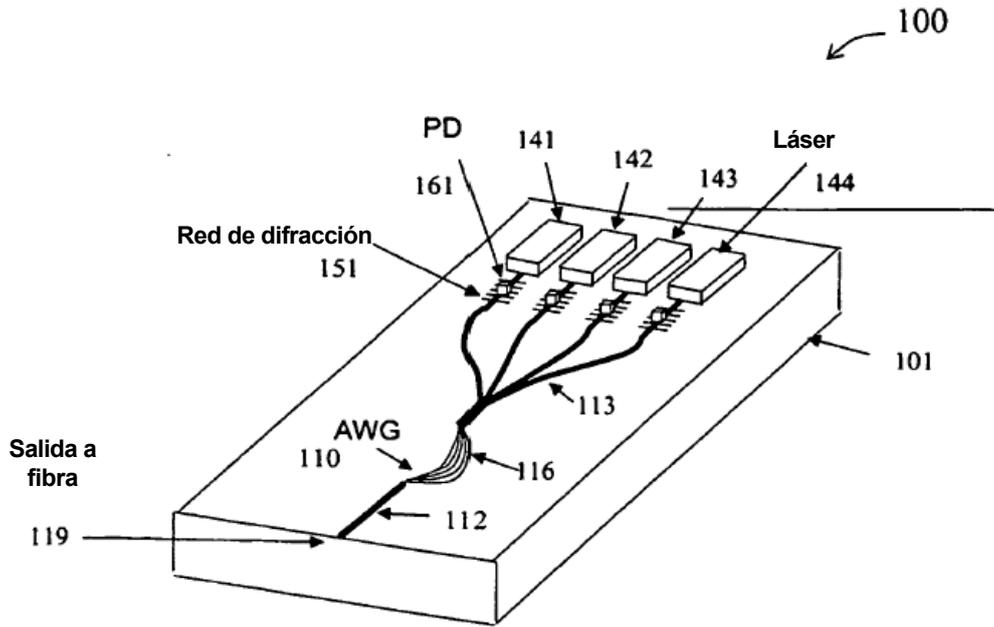


Figura 1

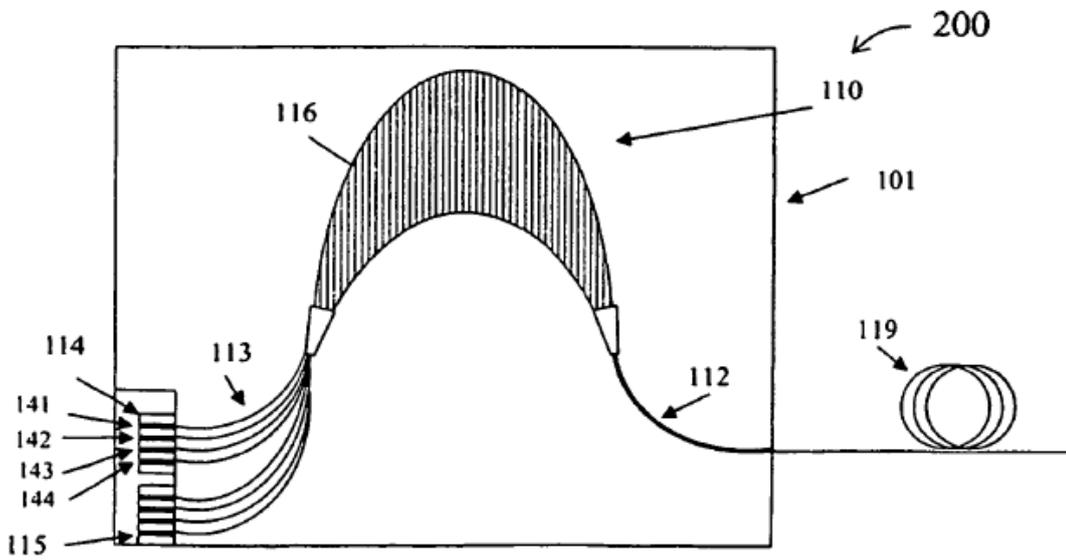


Figura 2A

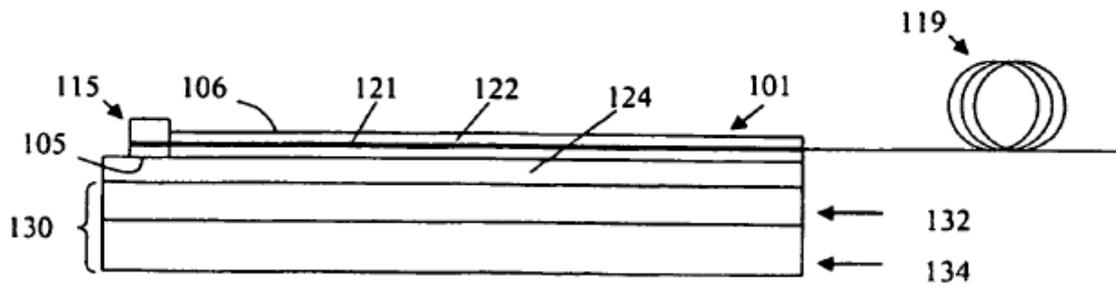


Figura 2B

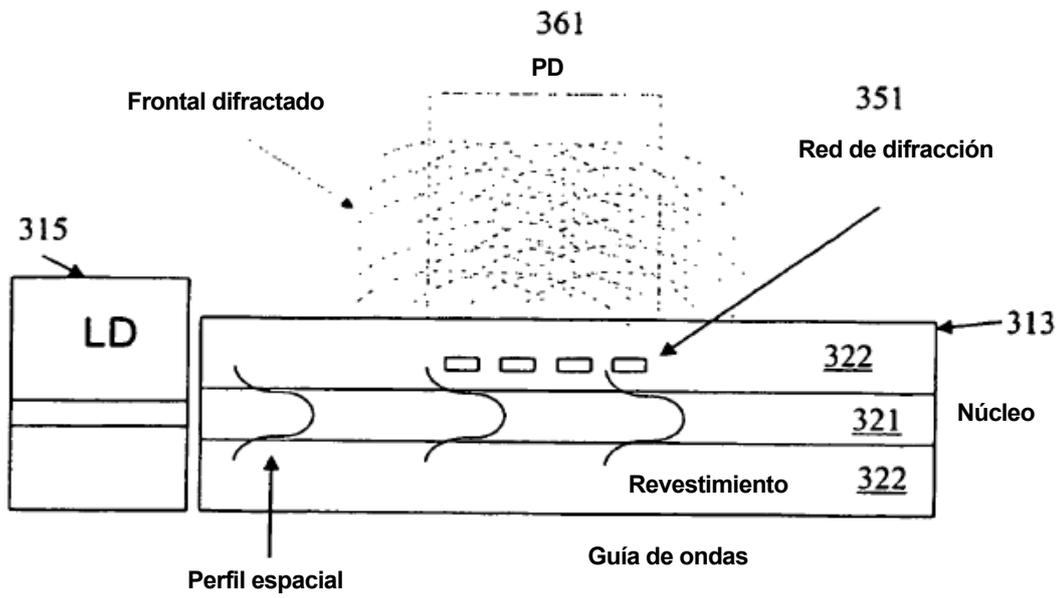


Figura 3

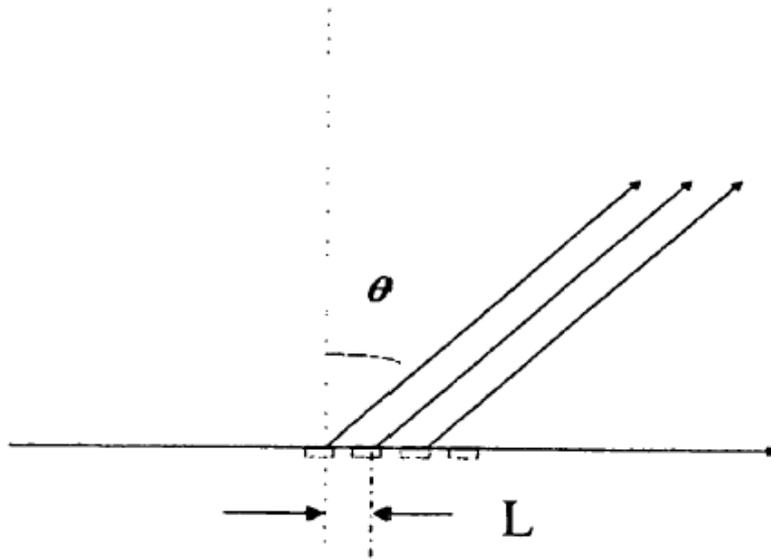


Figura 4

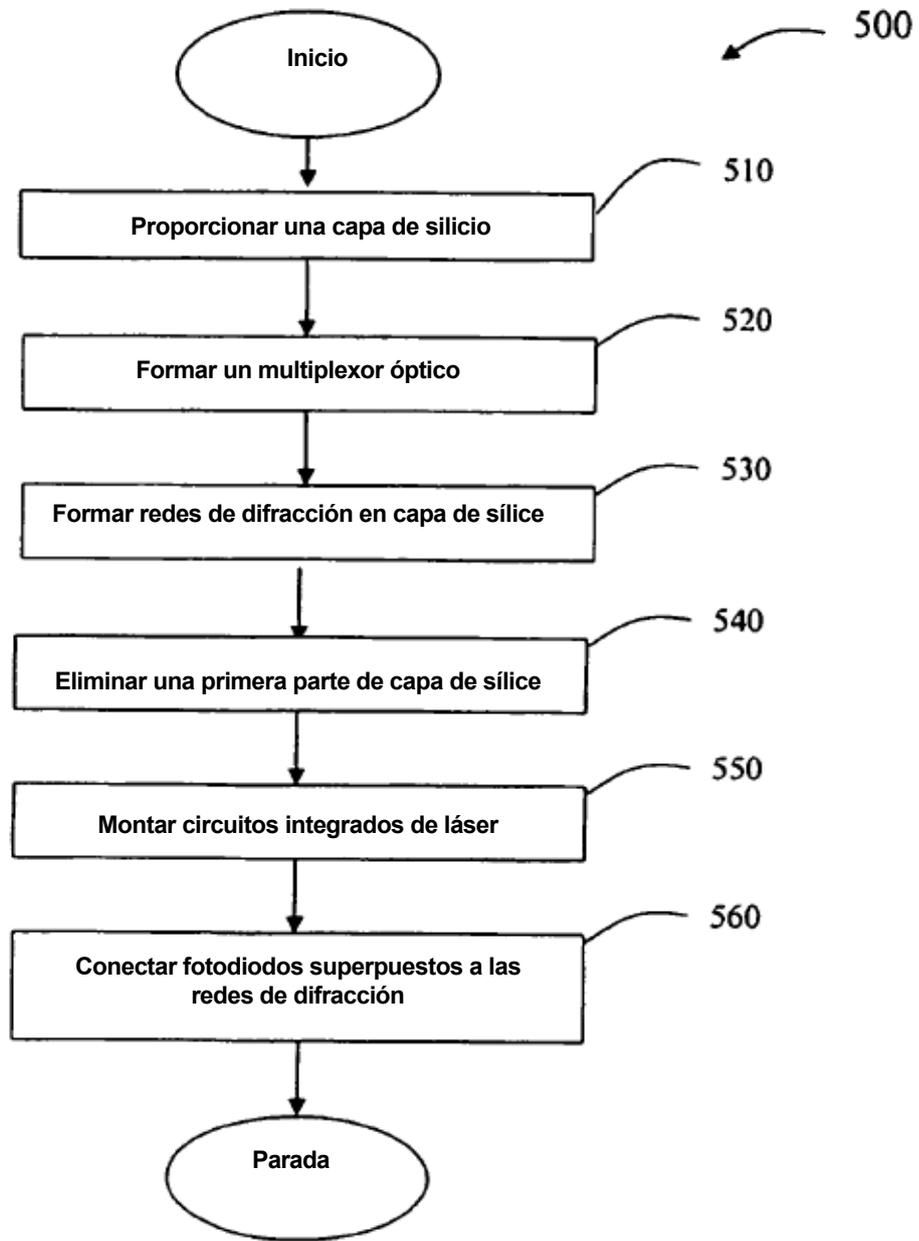


Figura 5