

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 751 632**

51 Int. Cl.:

H04B 10/50 (2013.01)

H01S 5/14 (2006.01)

H01S 5/40 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.06.2015 PCT/PT2015/000029**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.12.2015 WO15194982**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.06.2015 E 15738492 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.07.2019 EP 3158666**

54 Título: **Circuito integrado fotónico sintonizable emisor de longitud de onda múltiple**

30 Prioridad:

19.06.2014 PT 10771914

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

01.04.2020

73 Titular/es:

**ALTICE LABS, S.A. (100.0%)
Rua Engenheiro José Ferreira Pintos Bastos
3810-106 Aveiro, PT**

72 Inventor/es:

**JESUS TEIXEIRA, ANTÓNIO LUÍS;
MAIA TAVARES, ANA CRISTINA;
SILVA LOPES, ANA PATRÍCIA y
RODRIGUES, CLÁUDIO EMANUEL**

74 Agente/Representante:

ANGOLOTI BENAVIDES, Joaquín

ES 2 751 632 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

Circuito integrado fotónico sintonizable emisor de longitud de onda múltiple

5 **ÁMBITO TÉCNICO DE LA INVENCION**

La presente invención se refiere a sistemas generadores de luz óptica, más particularmente, a transmisores de sistemas de telecomunicación que consisten en circuitos integrados fotónicos, con banda sintonizable y longitud de onda múltiple.

10

RESUMEN DE LA INVENCION

Esta invención proporciona un sistema integrado fotónico que funciona como un transmisor de longitud de onda múltiple con banda sintonizable. Está compuesto por varios filtros, uno para cada banda, que se conectan a un amplificador o a un conmutador óptico cada uno. Todas las salidas de los amplificadores o conmutadores ópticos están agrupadas en un interferómetro multimodo, y el resultado es enviado a un filtro multibanda. Esto genera el número deseado de canales, en la banda respectiva. Después de eso, hay un amplificador en cada salida del filtro multibanda, seguido de un divisor de potencia con dos salidas; la primera salida se conecta a un reflector, y la segunda es la salida de la cavidad del láser.

20

La luz generada en este sistema puede ser enviada a una pluralidad de moduladores, uno para cada canal. La salida de cada modulador está conectada a un multiplexor óptico, que agrega los canales que luego se transmiten a una fibra que puede acoplarse al circuito integrado fotónico.

25 La invención permite transmitir varios canales, de longitud de onda multiplexada, en una pluralidad de bandas diferentes. Esta invención, incorporada como un transmisor de longitud de onda múltiple en una red de comunicaciones de multiplexación por división de longitud de onda basada en fibra óptica, es muy útil en la medida en que es posible cambiar la banda a la que se está transmitiendo la información.

30 **ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

Informática en la nube, máquina a máquina, formatos 3D, audio y vídeo bajo demanda (AVOD) y movilidad son algunos de los servicios que han llevado a un aumento de la demanda de ancho de banda. En este contexto, el Grupo de Acceso a la Red de Servicios Plenos (FSAN) y la Sección de Normalización de las Telecomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UITT) han comenzado a investigar nuevas tecnologías para las Redes Ópticas Pasivas de Próxima Generación 2 (NG-PON2). El principal objetivo es aumentar el ancho de banda por encima de los actuales 10 Gb/s de bajada y 2,5 Gb/s de subida en la red de acceso óptico.

Entre todas las propuestas, destaca el Multiplexado por División de Tiempo y Onda (TWDM-PON). En TWDM-PON, la tasa agregada se obtiene apilando varios 10 Gigabit-PONs (XG-PONs), usando diferentes pares de longitudes de onda (longitud de onda de subida, longitud de onda de bajada). Para el caso concreto en el que se apilan cuatro XG-PONs, se alcanzan 40 Gb/s de bajada y 10 Gb/s de subida, es decir, cuatro veces la tasa agregada del PON actual.

45 US2012/0163821 revela un ejemplo de un generador de fuente de longitud de onda múltiple integrado.

Los principales retos de la planificación de esta nueva arquitectura son la convivencia de los PONs y la reutilización de los equipos/infraestructuras. El espectro ya está ocupado por otras tecnologías, como G-PON, XG-PON y Vídeo. Por lo tanto, el TWDM-PON tiene que tomar bandas de espectro libres para no interferir con otros PONs. Además, el despliegue de TWDM-PON no puede obligar a una sustitución total de la infraestructura ya existente. Hay que hacer un esfuerzo en el sentido de reutilizar los equipos e infraestructuras existentes. Esto reducirá considerablemente los costes.

La Integración fotónica representará un gran avance en términos de costes, ya que conducirá a una mayor densidad y a un menor consumo de energía. Se han estudiado varios materiales para la integración fotónica. Algunos de ellos son el silicio en el aislante (SOI), el nitruro de silicio (Si_3N_4), el dióxido de silicio (SiO_2) y el fosfuro de indio (InP).

Si se tiene en cuenta todo esto, un circuito integrado fotónico monolítico, merece el desafío que comprende un transmisor TWDM-PON y que también es capaz de soportar todas las tecnologías actuales.

60 **DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

65

El dibujo 1 es un diagrama esquemático del circuito integrado fotónico, según ciertos aspectos de la invención.

El dibujo 2 es un diagrama esquemático del circuito integrado fotónico que incluye una unidad de control, según ciertos aspectos de la invención.

El dibujo 3 es un diagrama esquemático del circuito integrado fotónico con algunas diferencias en su configuración, según ciertos aspectos de la invención.

El dibujo 4 es un diagrama esquemático de otro circuito integrado fotónico, según ciertos aspectos de la invención.

El dibujo 5 es un diagrama esquemático del último circuito integrado fotónico que incluye una unidad de control, según ciertos aspectos de la invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

La siguiente descripción detallada hace referencia a los dibujos. Las partes que son comunes en diferentes dibujos se han mencionado utilizando los mismos números. Además, la siguiente descripción detallada no limita la divulgación.

La presente invención proporciona un sistema integrado fotónico, aparato, método y circuito que funciona como un transmisor de longitud de onda múltiple con banda sintonizable. Según las realizaciones de la invención, una pluralidad de fuentes de láser es proporcionada en el sustrato; cada una de ellas genera una pluralidad de copias y, con la habilitación de un filtro, es posible elegir una banda operativa específica. La pluralidad de los láseres sintonizables comprende una pluralidad de filtros pasa-banda, que están conectados a un reflector/superficie reflectante, por un lado, y una pluralidad de interruptores/amplificadores ópticos, por otro lado. La señal proporcionada por estos últimos se agrega a un combinador de potencia y luego se envía a un demultiplexor, que tiene una sola entrada y varias salidas. Cada salida está conectada a un amplificador, que es seguido por un divisor de potencia 1x2; una de sus salidas está conectada a un reflector/superficie reflectante, y la otra es la salida de la cavidad láser. La luz generada en la salida de cada cavidad láser puede ser enviada al modulador. La salida de cada modulador está conectada a un multiplexor óptico, que agrega los canales que luego se transmiten a una fibra que puede acopiarse al circuito integrado fotónico.

Además, la invención permite generar y transmitir varios canales, en una pluralidad de bandas diferentes, como G-, XG- y TWDM-PON.

El dibujo 1 muestra el diagrama de bloques de un ejemplo de realización de un primer circuito integrado fotónico 10, que puede ser suministrado en un solo sustrato 11, preferentemente. La cavidad del láser está compuesta esencialmente por una variedad de tres elementos, además de los reflectores necesarios 111-1, 111-m; 111A-1, 111A-n. Estos elementos son: N amplificadores 116-1, 116-n, siendo N el número de canales, M filtros pasa-banda 112-1, 112-m, siendo M el número de bandas de operación deseadas, y un demultiplexor 115 1xN. Además, los reflectores mencionados 111-1, 111-m; 111A-1, 111A-n pueden ser reemplazados por una superficie reflectante. El filtro pasa-banda 112-1, 112-m, está sintonizado a una banda de operación diferente y conectado al demultiplexor 115 a través del combinador de potencia 114 y el canal óptico 121. Se selecciona una banda de funcionamiento específica habilitando el correspondiente, aquí denominado, selector de banda 113-1, 113-m, y deshabilitando los restantes. Estos selectores de banda pueden ser implementados por un amplificador y en este caso la operación de habilitación corresponde al accionamiento del amplificador. Nótese que este es un ejemplo de realización para dicho selector de banda. Esta invención no sólo aporta esta solución, sino también todas las que utilizan un mecanismo que prohíbe que la luz pase a través de un filtro pasa-banda no deseado 112-1, 112-m, como cualquier otro interruptor óptico/electro-óptico.

Por su parte, el demultiplexor 115 separa cada longitud de onda λ_1 , λ_n dentro de la banda seleccionada, que llega a la entrada del demultiplexor 115 a través de la ruta óptica 121, y facilita a cada uno de ellos la salida correspondiente del demultiplexor 115, siguiendo las rutas 122-1, 122-n. Debido a los reflectores al inicio del trayecto 120-1, 120 m, y al final del trayecto 122-1, 122-n, estos trayectos son bidireccionales. Una parte de la luz resultante del amplificador 116-1, 116-n llega al reflector 111A-1, 111A-n, donde se refleja de regreso al amplificador 116, 116-n. Aquí se amplifica y sigue el canal óptico 121-120 en dirección al reflector 111-1, 111-m. La señal es reflejada en dirección al amplificador 116-1, 116-n, siendo amplificada y transmitida, una vez más, al reflector 111A-1, 111A-n. Mientras tanto, la parte de la señal que llega al divisor de potencia 1x2 117-1, 117-n y no es enviada al reflector 111A-1, 111A-n, sigue el canal óptico 123-1, 123-n, es decir, la salida del láser. Las constantes amplificaciones y reflexiones, junto con el filtrado y desmultiplexado, proporcionarán el canal λ_1 , λ_n en el canal óptico 123-1, 123-. Dado que el circuito integrado fotónico 10 consta de un amplificador 116-1, 116-n para cada canal, la potencia de cada uno de ellos puede ajustarse de forma independiente. De esta manera, el canal, que puede sufrir una disminución de potencia, por ejemplo, debido a imperfecciones de filtrado, puede ser amplificado sin afectar a los canales adyacentes.

El circuito integrado fotónico **10** es sólo un ejemplo de realización. También queda cubierta cualquier modificación de este circuito básico, como la introducción de amplificadores adicionales/otros elementos o la reorganización de la ubicación de los elementos.

5

El dibujo 2 muestra el diagrama de bloques de un ejemplo de realización de un segundo circuito integrado fotónico **20**, que puede ser suministrado en un solo sustrato **21**, preferiblemente. Sin embargo, como el circuito integrado fotónico **20** está compuesto por dos subcircuitos distintos, cada uno de ellos se puede suministrar en dos sustratos, por ejemplo.

10

Uno de los subcircuitos mencionados es el primer circuito integrado fotónico **10** con una ligera diferencia. A los elementos esenciales representados en el dibujo 1 se añadieron fotodiodos para la monitorización por láser. En este caso, la parte de la luz que llega al divisor de potencia 1×2 **117-1**, **117-n**, y que no se refleja en los reflectores **111A-1**, **111A-n**, será dirigida a un segundo divisor de potencia 1×2 **117A-1**, **117A-n**. El fotodiodo **210-1**, **210-n**, que está conectado a una de las salidas del divisor de potencia 1×2 **117A-1**, **117A-n**, permitirá muestrear la señal láser sintonizable generada. Posteriormente, la señal eléctrica resultante **310-1**, **310-n** puede utilizarse como señal de entrada de una unidad de control **211**. Aquí, la señal eléctrica **310-1**, **310-n** permitirá verificar si la señal de salida del láser sintonizable cumple con las expectativas. Si no lo hace, la unidad de control **211** cambiará las señales de conducción **220-1**, **220-n** de los amplificadores **116-1**, **116-n** en consecuencia.

15

Nótese que el divisor de potencia 1×2 **117-1**, **117-n** y el divisor de potencia 1×2 **117A-1**, **117A-n** no son necesariamente iguales. Con ello nos referimos a que la ración de división de ambos divisores de potencia no tiene que ser la misma. Por ejemplo, el divisor de potencia 1×2 **117-1**, **117-n** puede tener una relación de división de 50/50, mientras que la relación de potencia del divisor de potencia 1×2 **117A-1**, **117A-n** puede ser de 10/90.

20

Depende de la porción de la luz que se necesita reflejar y de la que se requiere para el sistema de monitorización, que está compuesto por los fotodiodos y la unidad de control.

25

El otro subcircuito mencionado, que está incorporado en el circuito integrado fotónico **20**, se refiere a la modulación de las salidas láser sintonizables **123-1**, **123-n** del circuito integrado fotónico **10**. El modulador **118-1**, **118-n** está conectado a la otra salida del divisor de potencia 1×2 **117A-1**, **117A-n**. El primero modula la señal de acuerdo con la constelación deseada.

30

La señal modulada sigue el canal óptico **123A-1**, **123A-n** en dirección al multiplexor $N \times 1$, que multiplexa las señales de llegada de N en una sola que se transmite al canal óptico **124**, la salida del transmisor sintonizable.

35

Nótese que, en ciertos casos, puede ser necesario un rotador de polarización o un elemento de compensación similar en cualquier parte del circuito. A pesar de que esto no se muestra en el dibujo 2, la invención comprende esta situación también.

40

Además, el fotodiodo **210-1**, **210-n** puede ser introducido en cualquier parte del circuito integrado fotónico **20**. En lugar de ser introducido en la salida de láser sintonizable, el fotodiodo **210-1**, **210-n** puede ser colocado, por ejemplo, entre el amplificador **116-1**, **116-n** y el divisor de potencia 1×2 **117-1**, **117-n**. El circuito integrado fotónico **20** representado en el dibujo 2 es un ejemplo. Por lo tanto, también incluye cambios de ubicación de sus elementos.

45

Dado que el circuito integrado fotónico **20** consta de un amplificador **116-1**, **116-n** para cada canal, la potencia de cada uno de ellos puede ajustarse de forma independiente. Además, todos los canales λ_1 , λ_n pueden transmitir información diferente, simultáneamente, ya que se modulan mediante moduladores independientes **118-1**, **118-n**. Sin embargo, también es posible reducir el número de moduladores **118-1**, **118-n** si los canales pueden transmitir la misma información o si está activo solo un amplificador **116-1**, **116-n** a la vez. La reducción del número de moduladores **118-1**, **118-n** implica la introducción de un combinador de potencia $Q \times 1$ entre el divisor de potencia 1×2 **117A-1**, **117A-n** y el mencionado modulador **118-1**, **118-n**, siendo Q el número de canales que pueden ser modulados por un modulador común **118**. Además, en este caso es necesario introducir un divisor de potencia $1 \times Q$, entre el modulador **118-1**, **118-n** y el multiplexor $N \times 1$ **119**. El valor de Q se ajusta entre 0 y N . Si $Q = 0$, todos los canales deben llevar información diferente y se requiere un modulador para cada canal, que es exactamente la realización representada en el dibujo 2. Si $Q = N$, todos los canales pueden ser modulados con la misma información, sólo se necesita un modulador **118** un combinador de potencia $N \times 1$ es necesario entre el divisor de potencia 1×2 **117A-1**, **117A-n** y el mencionado modulador **118**. Si Q tiene otro valor dentro del intervalo $[0, N]$, el número de moduladores **118-1**, **118-n** debe elegirse en consecuencia. Por ejemplo, si $N = 6$ y $Q = 3$, el número de moduladores debe ser dos y, en este caso, cada tres canales de los seis totales pueden ser modulados con la misma información.

50

El circuito integrado fotónico **20** es sólo un ejemplo de realización. También se cubre cualquier cambio de este circuito, como la introducción de amplificadores adicionales/otros elementos o la reorganización de la ubicación de los elementos.

65

El dibujo 3 ilustra el diagrama de bloques de un ejemplo de realización de un tercer circuito integrado fotónico **30**, que puede ser suministrado en un solo sustrato **31**, de forma preferentemente. Sin embargo, puesto que el circuito integrado fotónico **30** está compuesto por dos subcircuitos distintos, cada uno de ellos puede ser suministrado en un sustrato diferente, por ejemplo, como ocurre con el circuito integrado fotónico **20**.

5

En comparación con el circuito integrado fotónico **20**, el circuito integrado fotónico **30** puede descomponerse en la cavidad láser sintonizable y el subcircuito de modulación. El primero es similar al circuito integrado fotónico **10**, excepto la ubicación del demultiplexor $1 \times N$ **115**. En el circuito integrado fotónico **10**, el demultiplexor $1 \times N$ **115** se encuentra entre el combinador de potencia $M \times 1$ **114** y el amplificador **116-1**, **116-n**, mientras que en el circuito integrado fotónico **30**, este elemento (**115**) se introduce entre el divisor de potencia 1×2 **117-1**, **117-n** y los reflectores **111A-1**, **111A-n**. En consecuencia, el combinador de potencia $M \times 1$ **114** tiene que ser reemplazado por un elemento similar **230** con salidas N , en lugar de una sola. Nótese que este elemento (**230**) no se descuida en ningún caso, incluso cuando el número de bandas M es igual al número de canales N . La función de ambos combinadores de potencia **114** y **230** es garantizar que la señal, que viaja a través de cualquier canal óptico seleccionado **120-1**, **120-n** (habilitando el correspondiente, aquí denominado, selector de banda **113-1**, **113-m**), llegue a todos los amplificadores **116-1**, **116-n**.

A pesar de esta modificación, el principio de funcionamiento descrito para el circuito integrado fotónico **10** permanece invariable. Las señales de salida del láser sintonizables son generadas, principalmente, debido a las constantes amplificaciones y reflexiones que la luz experimenta en el amplificador **116-1**, **116-n** y en los reflectores (o superficies reflectantes) **111-1**, **111-m**, **111A-1**, **111A-n**, respectivamente. Al igual que en el circuito integrado fotónico **10**, en el circuito integrado fotónico **30**, el proceso de sintonización viene dictado por la combinación del filtro pasa-banda **112-1**, **112-m** que se ha seleccionado y el demultiplexor $1 \times M$ **115**.

Como se puede ver en el dibujo 3, el fotodiodo **210-1**, **210-n**, junto con la unidad de control **211**, se omite. Esta omisión sólo tiene que ver con el mantenimiento de una buena legibilidad del diagrama de bloques. El fotodiodo **210-1**, **210-n** para la monitorización y, en consecuencia, la unidad de control **221**, también se pueden introducir en cualquier punto del circuito integrado fotónico **30**, como en el circuito integrado fotónico **20**.

El subcircuito de modulación del circuito integrado fotónico **30** no difiere del del circuito integrado fotónico **20**. Está compuesto por moduladores **118-1**, **118-n** y un multiplexor $N \times 1$ **119**, que multiplexa los canales λ_1 , λ_n que viajan por los canales ópticos **123-1** a **123-n** hacia la salida **124** del transmisor de longitud de onda múltiple. Los moduladores están conectados a una de las salidas del divisor de potencia 1×2 **117-1**, **117-n**, en el caso de que los fotodiodos **210-1**, **210-n** no se introduzcan en la salida de la cavidad láser. En este caso, los moduladores se conectan a una de las salidas del divisor de potencia 1×2 **117A-1**, **117A-n**, como se ilustra en el caso del circuito integrado fotónico **20**.

Nótese que, en ciertos casos, puede ser necesario un rotador de polarización o un elemento de compensación similar en cualquier parte del circuito. A pesar de que esto no se muestra en el dibujo 3, la invención comprende esta situación también.

Dado que el circuito integrado fotónico **20** está compuesto por un amplificador **116-1**, **116-n** por cada canal λ_1 , λ_n , la potencia de cada uno de ellos puede ser ajustada de forma independiente. Así mismo, como todos los canales λ_1 , λ_n pueden transmitir información diferente, de forma simultánea, ya que están modulados por moduladores independientes **118-1**, **118-n**. Sin embargo, también es posible reducir el número de moduladores **118-1**, **118-n** si los canales pueden transmitir la misma información o si sólo un amplificador **116-1**, **116-n** está activo a la vez. La reducción del número de moduladores **118-1**, **118-n** implica la introducción de un combinador de potencia $Q \times 1$ entre el divisor de potencia 1×2 **117A-1**, **117A-n** y el mencionado modulador **118-1**, **118-n**, siendo Q el número de canales que pueden ser modulados por un modulador común **118**. Además, en este caso hay que introducir un divisor de potencia $1 \times Q$, entre el modulador **118-1**, **118-n** y el multiplexor $N \times 1$ **119**. El valor de Q se ajusta entre 0 y N . Si $Q = 0$, todos los canales deben llevar información diferente y se requiere un modulador para cada canal, que es exactamente la realización representada en el dibujo 3. Si $Q = N$, todos los canales pueden ser modulados con la misma información, sólo se necesita un modulador **118** un combinador de potencia $N \times 1$ es necesario entre el divisor de potencia 1×2 **117A-1**, **117A-n** y el mencionado modulador **118**. Si Q tiene otro valor dentro del intervalo $[0, N]$, el número de moduladores **118-1**, **118-n** debe elegirse en consecuencia. Por ejemplo, si $N = 6$ y $Q = 3$, el número de moduladores debe ser dos y, en este caso, cada tres canales de los seis totales pueden ser modulados con la misma información.

El circuito integrado fotónico **30** es sólo un ejemplo de realización. Cualquier cambio de este circuito también está cubierto como, por ejemplo, la introducción de amplificadores adicionales u otros elementos o la reorganización de la ubicación de los elementos.

El dibujo 4 muestra el diagrama de bloques de un ejemplo de realización de un cuarto circuito integrado fotónico **40**, que se puede suministrar en un solo sustrato **41**, preferentemente. Aun así, puesto que el circuito fotónico integrado **40** está compuesto por dos subcircuitos distintos, cada uno de ellos puede ser proporcionado en un sustrato diferente, por ejemplo, como en el caso del circuito fotónico integrado **20**.

Comparativamente con el circuito integrado fotónico **20**, el circuito integrado fotónico **40** puede descomponerse en la cavidad láser sintonizable y en el subcircuito de modulación. El primero es similar al circuito integrado fotónico **10**, excepto el número y la ubicación de las salidas de la cavidad láser **123-1**, **123-n**. En el circuito
 5 integrado fotónico **40**, la salida de la cavidad láser es sólo una, en lugar de N, como en el circuito integrado fotónico **10**. El número se redujo debido al cambio de localización. En el circuito integrado fotónico **10**, el canal óptico **123-1**, **123-n** es una extensión de una de las salidas del divisor de potencia **1x2 117-1**, **117-n**, mientras que en el circuito integrado fotónico **40**, el canal óptico **123** está situado entre el demultiplexor **1xN 115** y el canal óptico **114**, que debe ser sustituido por un elemento similar **240**, en el circuito integrado fotónico **40**, con el mismo
 10 número de entradas, pero con dos salidas.

A pesar de esta modificación, el principio de funcionamiento descrito para el circuito integrado fotónico **10** permanece invariable. La señal de salida del láser sintonizable se genera, principalmente, debido a las constantes amplificaciones y reflexiones que la luz experimenta en el amplificador **116-1**, **116-n** y en los
 15 reflectores (o superficies reflectantes) **111-1**, **111-m**, **111A-1**, **111A-n**, respectivamente. Al igual que en el circuito integrado fotónico **10**, en el circuito integrado fotónico **40**, el proceso de sintonización viene dictado por la combinación del filtro pasa-banda **112-1**, **112-m** que se ha seleccionado y el demultiplexor **1xM 115**.

Como se puede ver en el dibujo 4, el fotodiodo **210-1**, **210-n**, junto con la unidad de control **211**, se omiten. Esta omisión sólo tiene que ver con el mantenimiento de una buena legibilidad del diagrama de bloques. El fotodiodo
 20 **210-1**, **210-n** para la monitorización y, en consecuencia, la unidad de control **221**, también se pueden introducir en cualquier punto del circuito integrado fotónico **40**, como en el circuito integrado fotónico **20**.

El subcircuito de modulación del circuito integrado fotónico **40** está compuesto por un solo modulador **118**, ya que
 25 sólo hay una cavidad láser de salida. Así, si todas las regiones de ganancia **116-1**, **116-n** son manejadas simultáneamente, todos los canales λ_1 , λ_n transmitirán la misma información.

Nótese que, en ciertos casos, puede ser necesario un rotador de polarización o un elemento de compensación similar en cualquier parte del circuito. A pesar de que esto no se muestra en el dibujo 2, la invención comprende
 30 esta situación también.

Dado que el circuito integrado fotónico **40** consta de un amplificador **116-1**, **116-n** para cada canal λ_1 , λ_n , es posible ajustar la potencia de cada uno de ellos de forma independiente.

35 El circuito integrado fotónico **40** es sólo un ejemplo de realización. También se cubre cualquier cambio de este circuito, como la introducción de amplificadores adicionales/otros elementos o la reorganización de la ubicación de los elementos.

REIVINDICACIONES

1. Un circuito integrado fotónico (10) que comprende:

- 5 Un sustrato (11);
- Una cavidad láser en el sustrato (11) compuesta por:
- 10 una pluralidad de primeros reflectores (111-1, 111-m) y segundos reflectores (111A-1, 111A-1, 111An), dispuestos en ambos extremos de dicha cavidad láser; una pluralidad de filtros pasa-banda (112-1, 112- m), cada uno de ellos conectado a cada uno de los primeros reflectores (111-1, 111-m) configurados para operar en una banda determinada cada uno de ellos;
- 15 una pluralidad de selectores de banda (113-1, 113-m), cada uno de ellos conectado a cada uno de los filtros pasa-banda antes mencionados (112-1, 112- m), que funciona como habilitador o deshabilitador de la banda respectiva; un combinador de potencia (114) conectado a la salida de cada selector de banda (113-1, 113-m), que agrega todo lo anterior en un solo canal óptico (121);
- 20 un filtro multibanda (115), con una entrada donde se conecta la salida de dicho combinador de potencia (114), y una pluralidad de salidas;
- una pluralidad de amplificadores (116-1, 116-n), cada uno conectado a una salida del mencionado filtro multibanda (115);
- 25 una pluralidad de divisores de potencia (117-1, 117-n), con la entrada de cada uno estando conectada a cada amplificador (116-1, 116-n), y dos salidas cada uno, donde la salida de un primer divisor de potencia se conecta a un segundo reflector (111A-1, 111A-n);
- 30 una pluralidad de salidas, cada una de ellas formada por una salida de un segundo divisor de potencia que no está conectada al segundo reflector (111A-1), 111A-n).

2. El circuito integrado fotónico (10) de la reivindicación 1, donde:

- 35 • cada uno de la pluralidad de primeros y segundos reflectores (111-1, 111-m, 111A-1, 111A-1, 111An) comprende un reflector interferométrico multimodo (MIR) o una superficie ópticamente reflectante, o bien
- cada uno de los filtros pasa-banda (112-1, 112 m) está formado por una rejilla de guía de ondas (AWG), una rejilla de Bragg o un resonador de anillo, o bien
- 40 • cada selector de banda (113-1, 113-m) comprende un conmutador óptico, o un amplificador óptico semiconductor (SOA), o un amplificador dopado con erbio, o
- el filtro multibanda (115) comprende una rejilla de guía de ondas (AWG), o
- 45 • cada amplificador (116-1, 116-n) comprende un amplificador óptico semiconductor (SOA), o un amplificador dopado con erbio, o
- el combinador de potencia (114) comprende un interferómetro multimodo (MMI) o cada divisor de potencia (117-1, 117-n) comprende un ferómetro multimodo (MMI).

3. El circuito integrado fotónico (20) de reivindicación 1, que comprende, además:

- 55 una pluralidad de moduladores (118-1, 118-n) previstos en el sustrato (21), conectados a la segunda salida de cada divisor de potencia (117-1, 117-n) y, preferentemente:
- que comprende además un multiplexor (119) instalado en el sustrato (21), con una pluralidad de entradas, a la que están conectadas las salidas de los moduladores (118-1, 118-n), y con una salida, que es la salida del circuito (20), o bien
- 60 • cada modulador se compone de un modulador Mach-Zehnder.

4. El circuito integrado fotónico (20) de acuerdo con la reivindicación 3 que comprende, además:

- 65 una pluralidad de fotodetectores (210-1, 210-n) instalados en el sustrato (21), preferiblemente cada fotodetector se compone de un fotodiodo PIN o de un fotodiodo de avalancha (APD);

una unidad de control electrónica (211), que tiene como entradas las señales eléctricas (310-1, 310-n) resultantes de los fotodetectores (210-1, 210-n); dicha unidad (211) configurada para

i. procesar las mencionadas señales (310-1, 310-n) para controlar la señal óptica enviada a los moduladores (118-1, 118-n);

ii. actuar sobre las señales de conducción (220-1, 220-n) de los amplificadores (116-1, 116-n).

5. Un circuito integrado fotónico (20) según la reivindicación 4 que comprende, además:

una pluralidad de divisores de potencia (117A-1, 117A-n) previstos en el sustrato (21), con una entrada y dos salidas, donde la entrada de cada uno de ellos está conectada a la segunda salida de cada divisor de potencia (117-1, 117-n) que no está conectado al segundo reflector (111A-1, 111A-n); donde,

una primera salida de cada divisor de potencia (117A-1, 117A-n) se conecta al fotodetector (210-1, 210-n);

una segunda salida de cada divisor de potencia (117A-1, 117A-n) se conecta al modulador (118-1, 118-n).

6. Un circuito integrado fotónico (30) que se compone de:

Un sustrato (31);

Una cavidad láser proporcionada en el sustrato (31) que comprende:

una pluralidad de primeros reflectores (111-1, 111 m) y segundos reflectores (111A-1, 111An), dispuestos en ambos extremos de dicha cavidad láser;

una pluralidad de filtros pasa-banda (112-1, 112 m), cada uno conectado a cada uno de los primeros reflectores (111-1, 111 m), cada uno de ellos configurado para operar en una banda determinada;

una pluralidad de selectores de banda (113-1, 113-m), cada uno de ellos conectado a cada uno de los filtros pasa-banda antes mencionados (112-1, 112-m), que funcionan como habilitadores o deshabilitadores de la banda respectiva;

un elemento (230), con una multiplicidad de entradas donde están conectadas las salidas de cada selector de banda (113-113m), y una multiplicidad de salidas, configurado para conducir la señal que viaja a través de cualquier canal óptico (120-1, 120-m) hasta llegar a un amplificador de una pluralidad de amplificadores (116-1, 116-n);

una pluralidad de amplificadores (116-1, 116-n), cada uno conectado a una de las salidas del elemento (230);

una pluralidad de divisores de potencia (117-1, 117-n), con la entrada de cada uno conectada a cada amplificador (116-1, 116-n), y dos salidas cada uno;

un filtro multibanda (115), con una pluralidad de entradas donde se conectan una de las salidas de los divisores de potencia (117-1, 117-n), y con una pluralidad de salidas donde se conectan los segundos reflectores (111A-1, 111A-n);

una pluralidad de salidas, cada una formada por la salida de un segundo divisor de potencia, dicha segunda salida que consiste en la que no está conectada al segundo reflector (111A-1, 111A-n) a través del filtro multibanda (115),

7. El circuito integrado fotónico (30) de la reivindicación 6, donde:

- cada uno de la pluralidad de reflectores primero y segundo (111-1, 111-m, 111A-1, 111A-n) comprende un reflector interferométrico multimodo (MIR) o una superficie ópticamente reflectante, o bien

- cada uno de los filtros pasa banda (112-1, 112 m) comprende una rejilla de guía de ondas (AWG), o una rejilla de Bragg, o un resonador de anillo, o bien

- cada uno de los selectores de banda (113-1, 113 m) comprende un conmutador óptico, o un amplificador óptico semiconductor (SOA), o un amplificador dopado con erbio, o bien

- cada amplificador (116-1, 116-n) comprende un amplificador óptico semiconductor (SOA), o un amplificador dopado con erbio, o bien
- 5 • el filtro multibanda (115) comprende una rejilla de guía de ondas (AWG), o bien
- cada divisor de potencia (117-1, 117-n) comprende un interferómetro multimodo (MMI), o cada elemento (230) comprende un interferómetro multimodo (MMI).
- 10 **8.** El circuito integrado fotónico (30) de la reivindicación 6 que comprende, además:
 - una pluralidad de moduladores (118-1, 118-n) previstos en el sustrato (31), conectados a la segunda salida de cada divisor de potencia (117-1, 117-n) y, preferentemente:
 - 15 • que comprende además un multiplexor (119) previsto en el sustrato (31) con una pluralidad de entradas, en el que están conectadas las salidas de los moduladores (118-1, 118-n), y con una salida, que es la salida del circuito (30), o bien
 - cada modulador (118-1, 118-n) se compone de un modulador Mach-Zehnder.
- 20 **9.** El circuito integrado fotónico (30) conforme a la reivindicación 8 que comprende, además:
 - una pluralidad de fotodetectores provistos en el sustrato (31), preferiblemente cada fotodetector se compone de un fotodiodo PIN o de un fotodiodo de avalancha (APD);
 - 25 una unidad de control electrónica, teniendo como entrada las señales eléctricas resultantes de los fotodetectores; dicha unidad de control estando configurada para:
 - i. procesar las señales eléctricas referidas para monitorizar la señal óptica suministrada a los moduladores (118-1, 118-n);
 - 30 ii. actuar sobre las señales de conducción de los amplificadores (116-1, 116-n).
- 35 **10.** Un circuito integrado fotónico (30) conforme a la reivindicación 9 que comprende, además:
 - una pluralidad de divisores de potencia adicionales en el sustrato (31), con una entrada y dos salidas, donde la entrada de cada uno está conectada a la segunda salida de cada divisor de potencia (117-1, 117-n) que no está conectada al segundo reflector (111A-1, 111A-n) a través del filtro multibanda (115); donde
 - 40 una primera salida de cada divisor de potencia adicional se conecta al fotodetector;
 - una segunda salida de cada divisor de potencia adicional está conectada al modulador (118-1, 118-n).
- 45 **11.** Un circuito integrado fotónico (40) que comprende:
 - Un sustrato (41);
 - Una cavidad láser proporcionada en el sustrato (41) que comprende:
 - 50 una pluralidad de primeros reflectores (111-1, 111-m) y segundos reflectores (111A-1, 111An), dispuestos en ambos extremos de dicha cavidad láser;
 - una pluralidad de filtros pasa-banda (112-1, 112 m), cada uno conectado a cada uno de los primeros reflectores (111-1, 111 m), configurados para operar en una banda determinada cada uno de ellos;
 - 55 una pluralidad de selectores de banda (113-1, 113-m), cada uno conectado a cada uno de los filtros de pasa-banda (112-1, 112-m);
 - 60 un combinador de potencia (114), con una pluralidad de entradas que conectan la salida de cada selector de banda (113-1, 113-m), y con dos salidas;
 - un filtro multibanda (115), con una entrada donde se conecta una primera salida del combinador de potencia (114), y con una pluralidad de salidas;
 - 65

una pluralidad de amplificadores (116-1, 116-n), cada uno conectado a una de las salidas del filtro multi-banda (115); la potencia de cada amplificador (116-1, 116-n) conectada a los segundos reflectores (111A-1, 111-A-n);

5 una salida, formada por una segunda salida del combinador de potencia (114), dicha segunda salida que consiste en la que no está conectada al filtro multibanda (115).

12. Un circuito integrado fotónico (40) de la reivindicación 11, donde:

10 • cada uno de los reflectores primero y segundo (111-1, 111-m, 111A-1, 111A-1, 111A-n) comprende un reflector interferométrico multimodo (MIR) o una superficie ópticamente reflectante, o bien

15 • cada uno de los filtros pasa-banda (112-1, 112-m) comprende una rejilla de guía de ondas (AWG), o una rejilla de Bragg, o un resonador de anillo, o bien

20 • cada uno de los selectores de banda (113-1, 113-m) comprende un conmutador óptico, o un amplificador óptico semiconductor (SOA), o un amplificador dopado con erbio, o bien

25 • el filtro multibanda (115) comprende una rejilla de guía de ondas (AWG), o bien

30 • cada amplificador (116-1, 116-n) comprende un amplificador óptico semiconductor (SOA), o un amplificador dopado con erbio, o bien

35 • el combinador de potencia (114) incluye un interferómetro multimodo (MMI).

13. El circuito integrado fotónico (40) de la reivindicación 11 que comprende, además, un modulador (118) provisto en el sustrato (41), conectado a la segunda salida del combinador de potencia (114); la salida del modulador (118) es la salida del circuito (40) y, preferiblemente, el modulador (118) comprende un modulador Mach-Zehnder.

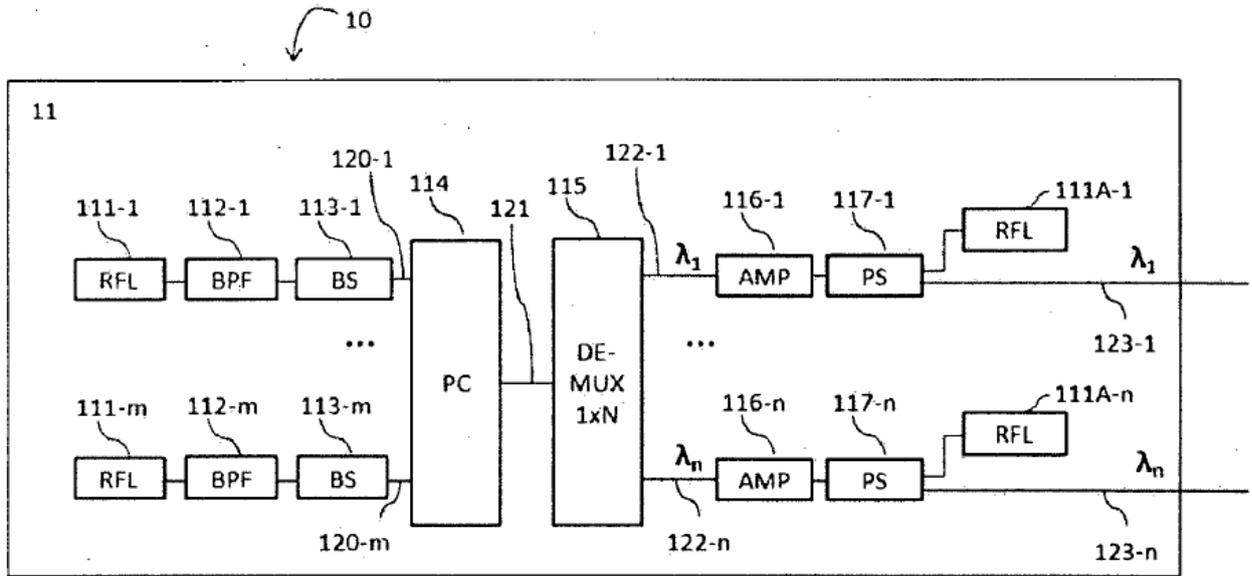
14. El circuito integrado fotónico (40) según la reivindicación 13 que comprende, además:

35 una pluralidad de fotodetectores en el sustrato (41), preferiblemente cada fotodetector se compone de un fotodiodo PIN o de un fotodiodo de avalancha (APD);

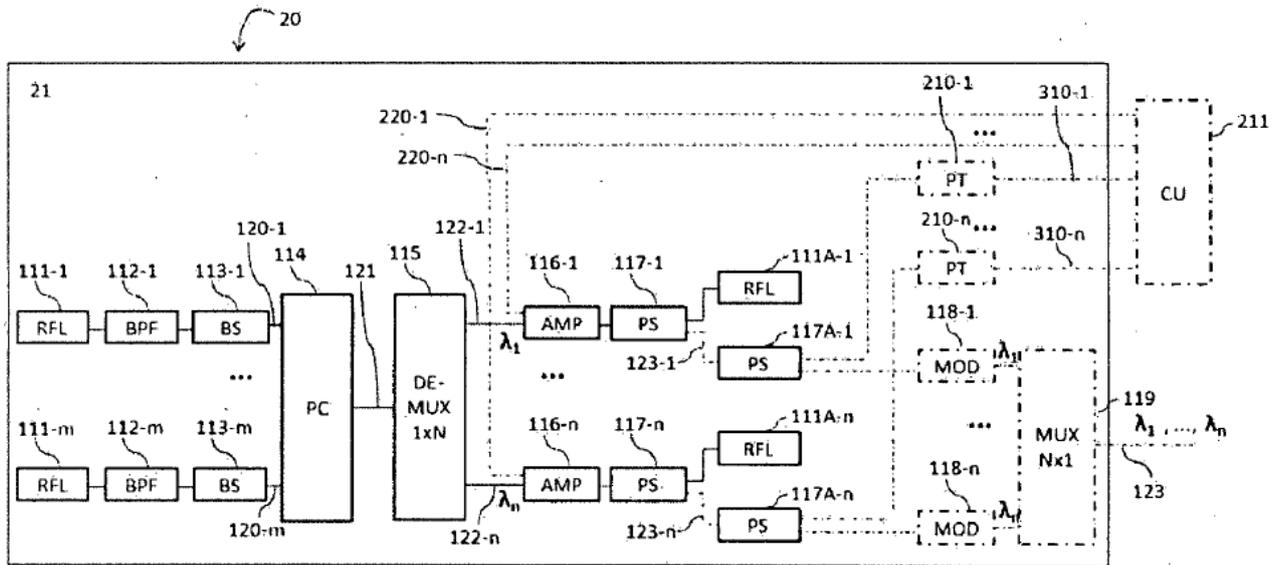
40 una unidad de control electrónica, teniendo como entradas las señales eléctricas resultantes de los fotodetectores; dicha unidad de control siendo configurada para que:

i. procese las referidas señales eléctricas para monitorizar la señal óptica que se transmite al modulador (118);

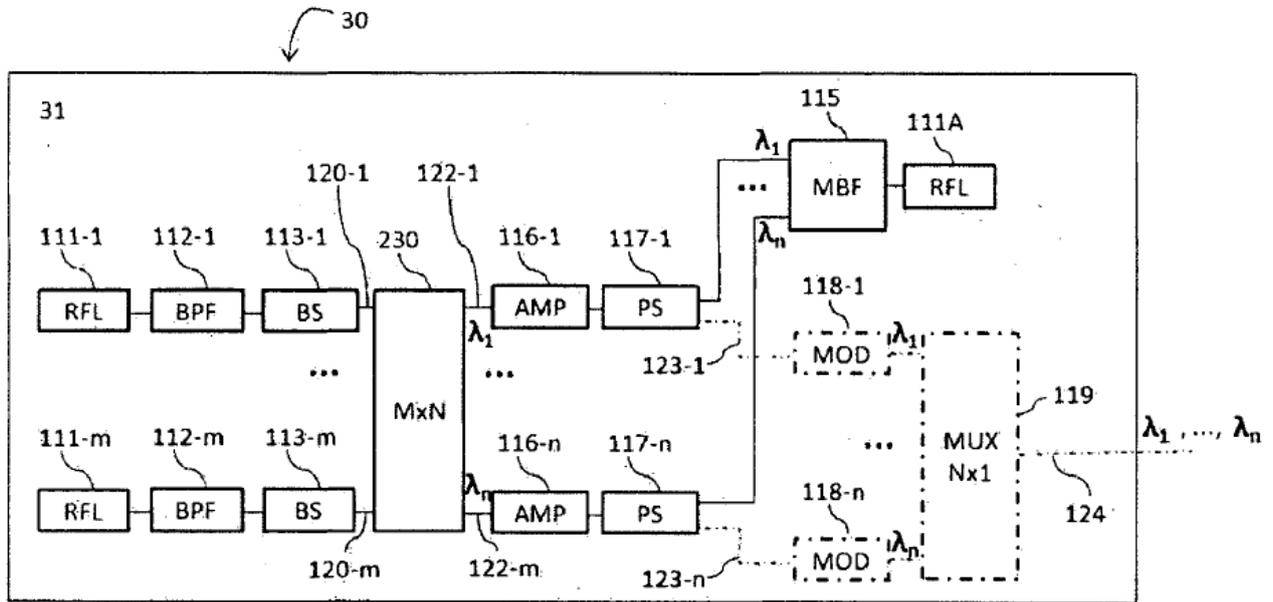
ii. actúe sobre las señales de conducción de los amplificadores (116-1, 116-n).



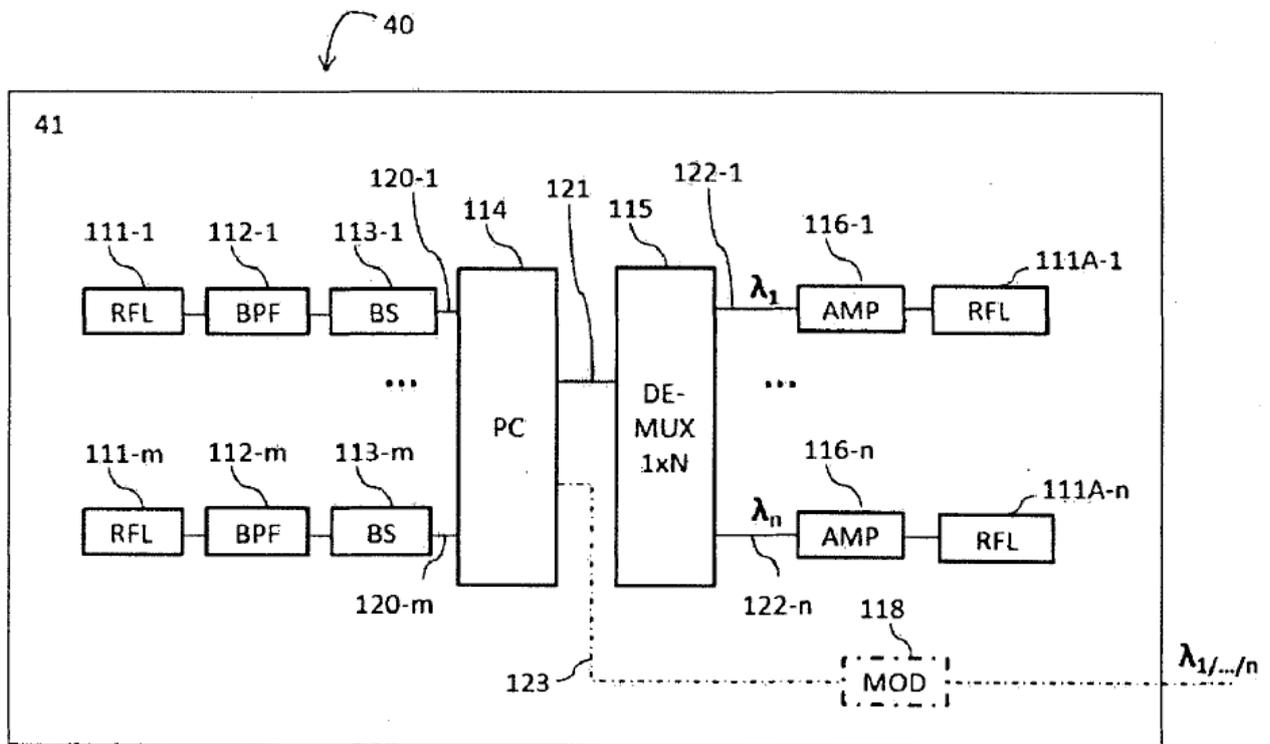
Dibujo 1



Dibujo 2



Dibujo 3



Dibujo 4