

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 663 239**

51 Int. Cl.:

G02B 6/35 (2006.01)
G02B 6/32 (2006.01)
H04J 14/02 (2006.01)
G02B 26/08 (2006.01)
G02B 6/293 (2006.01)
H04Q 11/00 (2006.01)
G02B 6/27 (2006.01)
G02B 6/34 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.08.2013 PCT/CN2013/082091**
 87 Fecha y número de publicación internacional: **26.02.2015 WO15024238**
 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.08.2013 E 13891663 (0)**
 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.01.2018 EP 3037865**

54 Título: **Conmutador selectivo de longitud de onda**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
11.04.2018

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

ZHAO, HAN y
ZONG, LIANGJIA

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 663 239 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

Conmutador selectivo de longitud de onda

5 CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere al campo de las comunicaciones y, en particular, a un conmutador selectivo de longitud de onda utilizado en comunicaciones ópticas.

10 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Con el rápido crecimiento de los servicios de video y en la nube, los operadores prestan mucha atención a la flexibilidad de la construcción de redes ópticas, y la reducción de los costos de construcción y operación y mantenimiento de las redes ópticas. Los nodos de red necesitan cada vez más dimensiones de dirección de conexión cruzada (o rutas de transmisión). Los operadores pueden realizar, de forma remota y automáticamente, la conmutación de dimensiones mediante el uso de un multiplexor óptico de adición/extracción reconfigurable (ROADM, Reconfigurable Optical Add/Drop Multiplexer) con el fin de reemplazar un modo en que una persona se dirige a un sitio para cambiar una conexión de una fibra, de modo que se satisfagan los requisitos en una conexión de red dinámica. Con el fin de adaptarse a los requisitos de eficiencia y flexibilidad de las redes de comunicaciones ópticas de alta velocidad, el multiplexor ROADM, como un núcleo de conexión cruzada de red, necesita desarrollarse constantemente.

En un nodo de ROADM actual, el uso de un componente discreto es una forma de puesta en práctica común. Un nodo se construye mediante la interconexión de múltiples conmutadores selectivos de longitud de onda 1xM (Wavelength Selective Switch, WSS) para realizar la selección de enrutamiento y conmutación de diferentes señales. Cuando aumenta un volumen de servicio de red, se necesita aumentar una cantidad de conmutadores selectivos de longitud de onda 1xM para mejorar una capacidad de conmutación de servicio del nodo. Sin embargo, es necesario añadir una gran cantidad de ranuras de módulo en un dispositivo existente, de modo que pueda conectarse a múltiples conmutadores selectivos de longitud de onda 1xM y, en consecuencia, los costos del dispositivo aumentan, y con un aumento en el volumen de servicio, los costos se aumentan de forma considerable.

Actualmente, el conmutador selectivo de longitud de onda 1xM ya está relativamente desarrollado. Sin embargo, no existen productos comerciales de conmutadores selectivos de longitud de onda NxM y NxN. Por lo tanto, Fujitsu propone una solución de un conmutador NxN WSS, tal como se ilustra en la Figura 1. En esta solución, se da a conocer un conmutador selectivo de longitud de onda con una matriz de fibra, que incluye cuatro fibras de entrada ($11_{IN}(\#1)$ a $11_{IN}(\#4)$) y cuatro fibras de salida ($11_{OUT}(\#1)$ a $11_{OUT}(\#4)$), que están dispuestas en una columna a lo largo de una dirección (una dirección de un eje Y); e incluyendo ocho colimadores 12, una rejilla de difracción 1, una lente de enfoque 2, una matriz de reflector del lado de entrada (MEMS) 3_{IN} y una matriz de reflector del lado de salida (MEMS) 3_{OUT} , que están dispuestas en asociación con fibras de entrada y salida.

Las salidas $L_{IN}(\#1)$ a $L_{IN}(\#4)$ de luz WDN desde las fibras de entrada $11_{IN}(\#1)$ a $11_{IN}(\#4)$ se transmiten a la rejilla de difracción 1 utilizando el colimador 12, y se dividen en función de longitudes de onda de la luz, en longitudes de onda $Ch1(\#1)$ a $ChN(\#1)$, $Ch1(\#2)$ a $ChN(\#2)$, $Ch1(\#3)$ a $ChN(\#3)$ y $Ch1(\#4)$ a $ChN(\#4)$. A continuación, las longitudes de onda se enfocan usando la lente de enfoque 2, y se transmiten a la matriz del reflector del lado de entrada (MEMS) 3_{IN} .

La matriz del reflector del lado de entrada (MEMS) 3_{IN} tiene reflectores MEMS $4 \times N$ $3_{IN}(\#1, Ch1)$ a $3_{IN}(\#1, ChN)$, $3_{IN}(\#2, Ch1)$ a $3_{IN}(\#2, ChN)$, $3_{IN}(\#3, Ch1)$ a $3_{IN}(\#3, ChN)$, y $3_{IN}(\#4, Ch1)$ a $3_{IN}(\#4, ChN)$. Las superficies reflectantes de los reflectores están situadas en una posición de enfoque de las longitudes de onda que pasan a través de la lente de enfoque 2. Los ángulos de las superficies reflectantes se determinan mediante la información de establecimiento de enrutamiento de longitud de onda. En este caso, la matriz del reflector del lado de entrada (MEMS) 3_{IN} está situada en un ángulo de 45° con respecto a la dirección de un eje Z.

La matriz del reflector del lado de salida (MEMS) 3_{OUT} está dispuesta en un ángulo de -45° con respecto a la dirección del eje Z, y tiene reflectores MEMS $4 \times N$ $3_{OUT}(\#1, Ch1)$ a $3_{OUT}(\#1, ChN)$, $3_{OUT}(\#2, Ch1)$ a $3_{OUT}(\#2, ChN)$, $3_{OUT}(\#3, Ch1)$ a $3_{OUT}(\#3, ChN)$, y $3_{OUT}(\#4, Ch1)$ a $3_{OUT}(\#4, ChN)$, que están configurados para permitir que las longitudes de onda reflejadas por la matriz del reflector del lado de entrada (MEMS) 3_{IN} se desvien en una dirección hacia un puerto de salida de destino.

Después de pasar a través de la lente de enfoque 2, las longitudes de onda reflejadas se combinan en las salidas $L_{OUT}(\#1)$ a $L_{OUT}(\#4)$ de luz WDM mediante la rejilla de difracción, y se acoplan, utilizando el colimador 12, en las fibras de salida $11_{OUT}(\#1)$ a $11_{OUT}(\#4)$ para la salida.

En esta solución, con el fin de poner en práctica una función cruzada NxN, la matriz del reflector del lado de entrada (MEMS) y la matriz del reflector del lado de salida (MEMS) necesitan ser calibradas al mismo tiempo, y son difíciles de poner en servicio.

El documento US 2012/002917 A1 da a conocer un módulo de conmutador selectivo de longitud de onda M x N. El módulo de conmutación comprende una pluralidad de lentes, una primera matriz de conmutación, una segunda matriz de conmutación y un elemento dispersivo de longitud de onda. Las lentes están formadas como lentes esféricas. El documento WO 2008/057347 A2 se refiere a un elemento de dirección de haz y a un método para múltiples conmutadores de fibra óptica y su supervisión. Se puede utilizar un sistema de dos lentes, en donde las lentes pueden tener una superficie óptica esférica, diseños acromáticos y similares.

El documento US 6 941 073 B2 se refiere a un multiplexor de adición/extracción óptico reconfigurable separable este-oeste (ROADM) para uso en sistemas ópticos. Se menciona su uso en un sistema que incluye múltiples elementos de lente, en donde las lentes pueden alcanzar un "rendimiento óptico". En particular, se pueden usar lentes esféricas.

El documento US 2004/228000 A1 da a conocer un dispositivo óptico que tiene una estructura que puede hacer que el diámetro de un haz gaussiano emitido sea más pequeño. Se menciona su uso para reducir el radio de la circunferencia del haz de un haz gaussiano emitido mediante sistemas ópticos que tienen una distorsión suficientemente pequeña. Por lo tanto, se sugiere el uso de una combinación de una pluralidad de lentes, incluyendo lentes esféricas.

SUMARIO DE LA INVENCION

En vista de lo que antecede, formas de realización de la presente invención dan a conocer un conmutador selectivo de longitud de onda.

Las formas de realización de la presente invención dan a conocer un conmutador selectivo de longitud de onda WSS, en donde el conmutador WSS incluye: N puertos de entrada, en donde N es un número natural mayor que 1; una matriz de fibra del lado de entrada que se conecta a los N puertos de entrada; una matriz de colimador del lado de entrada conectado a la matriz de fibra del lado de entrada; un componente de conversión de polarización y deformación del haz del lado de entrada, conectado a la matriz del colimador del lado de entrada; un componente de demultiplexación de onda del lado de entrada, conectado al componente de conversión de polarización y deformación del haz del lado de entrada; un motor de conmutación del lado de entrada, conectado al componente de demultiplexación de onda del lado de entrada; un grupo de lente de transformación de enfoque, conectado al motor de conmutación del lado de entrada, e incluyendo dos lentes convexas esféricas idénticas que están colocadas en paralelo; un motor de conmutación del lado de salida, conectado al grupo de lentes de transformación de enfoque; un componente de combinación de onda del lado de salida conectado al motor de conmutación del lado de salida; un componente de conversión de polarización y deformación del haz del lado de salida, conectado al componente de combinación de onda; una matriz de colimador del lado de salida, conectada al componente de conversión de polarización y deformación del haz del lado de salida; una matriz de fibra del lado de salida, conectada a la matriz del colimador del lado de salida; y M puertos de salida, en donde M es un número natural mayor que 1. El conmutador WSS se pone en práctica, esencialmente, mediante conexión, utilizando el grupo de lentes de transformación de enfoque, un componente de conmutador WSS $1 \times (N-1)$ para un componente de conmutador WSS $1 \times (M-1)$. Los dos componentes WSS pueden ponerse en servicio por separado, y es baja una dificultad de su puesta en servicio.

De modo opcional, la matriz de fibra del lado de entrada y la matriz de fibra del lado de salida están dispuestas en dos columnas en paralelo, a lo largo de una dirección, pero a diferentes posiciones. En la técnica anterior, una fibra de entrada y una fibra de salida estaban dispuestas en una columna a lo largo de una dirección (una dirección de un eje Y), para conseguir que la altura de un componente sea muy grande, un requisito sobre un ángulo de giro de un reflector es muy alto, y no resulta fácil la puesta en práctica de un componente con una gran cantidad de puertos. Sin embargo, las formas de realización de la presente invención pueden reducir, de forma efectiva, una altura del componente, y pueden disminuir un requisito de un ángulo de giro (el ángulo de giro es relativamente pequeño) de un motor de conmutación, de modo que resulte fácil la puesta en práctica de un conmutador WSS con una gran cantidad de puertos.

Más concretamente, una curvatura desde un centro a un borde de una superficie de la lente convexa esférica cambia continuamente, y se utiliza para controlar longitudes focales de luz con longitudes de onda diferentes; y una posición espacial del grupo de lentes de transformación de enfoque y la curvatura desde el centro hasta el borde de la superficie están configuradas de manera óptima para que la luz con diferentes longitudes de onda del motor de conmutación del lado de entrada se enfoque a una posición correspondiente del motor de conmutación del lado de salida, respectivamente. En las formas de realización de la presente invención, la curvatura desde el centro hasta el borde de la superficie de la lente convexa esférica cambia continuamente. La posición espacial de las dos lentes esféricas convexas y la curvatura desde el centro hasta el borde de la superficie se ajustan de manera adecuada y óptima, de modo que la luz, con diferentes longitudes de onda, del motor de conmutación del lado de entrada se enfoca a la posición correspondiente del motor de conmutación del lado de salida, respectivamente, con el fin de poner en práctica una conexión de ruta óptica desde el motor de conmutación del lado de entrada al motor de conmutación del lado de salida.

De manera opcional, el componente de conversión de polarización y deformación del haz del lado de entrada incluye un componente de división de polarización, al menos un prisma, y una placa de semi-onda que están dispuestos en secuencia, en donde el componente de división de polarización está configurado para convertir luz, no polarizada, procedente de la matriz de colimador, en dos haces de luz polarizada, cuyas direcciones de transmisión son en paralelo, y cuyas direcciones de polarización sean perpendiculares entre sí; el al menos un prisma está configurado para ampliar un tamaño de un punto de luz de la luz polarizada y una distancia entre las dos haces de luz polarizada, cuyas direcciones de transmisión están en paralelo y cuyas direcciones de polarización son perpendiculares entre sí; y una posición espacial de la placa de semi-onda se establece de modo que un haz de luz polarizada, de los dos haces de luz polarizada, cuyas direcciones de transmisión están en paralelo y cuyas direcciones de polarización son perpendiculares entre sí, pase a través de la placa de semi-onda, y el otro haz de luz polarizada, no pase a través de la placa de semi-onda. Un haz de luz polarizada correspondiente se amplía utilizando el prisma, lo que hace mayor la distancia entre los dos haces de luz polarizada, de modo que se reduce una dificultad de montaje de la placa de semi-onda.

De modo opcional, el componente de demultiplexación de onda del lado de entrada incluye una rejilla de difracción, un prisma de compensación de dispersión, y una lente convexa de enfoque, en donde la rejilla de difracción está configurada para separar, de conformidad con longitudes de onda diferentes, la luz procedente del componente de conversión de polarización y deformación del haz del lado de entrada; el prisma de compensación de dispersión está configurado para realizar una compensación de dispersión sobre la luz que está separada mediante la rejilla de difracción; la lente convexa de enfoque está configurada para la colimación de la luz con diferentes longitudes de onda a partir del prisma de compensación de dispersión, y hacer converger la luz de longitud de onda única procedente del prisma de compensación de dispersión; y posiciones espaciales de la rejilla de difracción, el prisma de compensación de dispersión y la lente convexa de enfoque se ajustan de modo que la luz de entrada de intervalos de frecuencia, cuyos intervalos de frecuencia son iguales, se convierten en luz que es paralela en espacio e igualmente espaciada y el hecho de estar igualmente espaciada es que las distancias en una dirección que es perpendicular a una dirección de disposición de la matriz de fibra del lado de entrada son iguales. Mediante el establecimiento de las posiciones espaciales de la rejilla de difracción, el prisma de compensación de dispersión y la lente convexa de enfoque, la luz con intervalos de frecuencia iguales, que es emergente desde la lente de enfoque, está igualmente espaciada en el espacio. De este modo, el motor de conmutación del lado de entrada puede establecer pixels correspondientes o matrices de microlentes para deflexión que estén igualmente espaciadas, lo que es más fácil de poner en servicio y corregir en relación con las señales de luz que están desigualmente espaciadas.

De modo opcional, el motor de conmutación del lado de salida y la matriz de fibra del lado de salida forman un ángulo incluido de θ , en donde θ puede ser mayor que 0 grados y menor que 5 grados. En las formas de realización de la presente invención, el motor de conmutación del lado de salida está hecho para formar un ángulo más pequeño de rotación de θ a lo largo de una dirección de una matriz de fibra y, por lo tanto, la luz de difracción de nivel 0 se desvía desde un plano de fibra mediante un ángulo de 2θ . De este modo, la luz de difracción de nivel 0, en el motor de conmutación del lado de salida, no está básicamente acoplada en una fibra de salida, lo que aumenta el aislamiento de puerto de un módulo y disminuye la comunicación cruzada, o diafonía, de un componente.

De modo opcional, el motor de conmutación del lado de entrada y el motor de conmutación del lado de salida son de cristal líquido sobre silicio LCOS, el LCOS incluye múltiples bandas de paso de deflexión que corresponden a luces con frecuencias diferentes, respectivamente, existe un espacio entre las múltiples bandas de paso de deflexión que corresponde a la luz con diferentes frecuencias, respectivamente, y los pixels en el espacio se establecen como pixels no válidos. El pixel no válido es equivalente a un reflector plano para reflexión directa. De este modo, la luz que incide en el espacio no se acopla, básicamente, en la fibra de salida, lo que puede contener, de forma efectiva, la comunicación cruzada.

De modo opcional, la lente convexa esférica es una lente convexa duplicada. La lente convexa duplicada puede eliminar, en alguna medida, la aberración cromática causada por la lente convexa esférica, lo que hace más fácil el control de longitudes focales de la luz con diferentes longitudes de onda, y facilita el enfoque, a la posición correspondiente del motor de conmutación del lado de salida, de la luz con diferentes longitudes de onda desde el motor de conmutación del lado de entrada.

De modo opcional, N es igual a M. Opcionalmente, el conmutador WSS incluye, además, un controlador, configurado para controlar un ángulo por el que se desvía la luz por el motor de conmutación del lado de entrada y el motor de conmutación del lado de salida.

El conmutador WSS, en las formas de realización de la presente invención, pueden tenerse en cuenta para su puesta en práctica mediante conexión, utilizando un grupo de lentes de transformación de enfoque, un componente de WSS $1 \times (N-1)$ para un componente WSS $1 \times (M-1)$. En condiciones normales, el coste del material no depende de la cantidad de puertos. Es decir, el coste de un conmutador WSS $N \times M$ no aumenta con un aumento en una cantidad N o M de puertos. De este modo, el WSS $N \times M$, en la presente invención, tiene una ventaja de bajo coste. Más concretamente, para un WSS $N \times M$ con una gran cantidad de puertos, resulta evidente la ventaja del coste.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

5 Para describir las soluciones técnicas, en las formas de realización de la presente invención, con mayor claridad, a continuación, se introducen brevemente los dibujos adjuntos requeridos para la descripción de las formas de realización o la técnica anterior. Evidentemente, los dibujos adjuntos, en la descripción siguiente, ilustra solamente algunas formas de realización de la presente invención, y un experto en esta técnica puede derivar todavía otros dibujos, a partir de estos dibujos adjuntos, sin necesidad de esfuerzos creativos.

10 La Figura 1 es un diagrama estructural esquemático de un conmutador WSS de conformidad con una forma de realización de la presente invención;

La Figura 2 es una vista superior estructural de un conmutador WSS de conformidad con una forma de realización de la presente invención;

15 La Figura 3 es un diagrama estructural esquemático de una matriz de fibra y una matriz de colimador en un WSS, de conformidad con una forma de realización de la presente invención;

20 La Figura 4 es un diagrama estructural esquemático de un componente de conversión de polarización y deformación del haz en un WSS, de conformidad con una forma de realización de la presente invención;

La Figura 5 es un diagrama estructural esquemático de un componente de demultiplexación de onda del lado de entrada en un WSS, de conformidad con una forma de realización de la presente invención;

25 La Figura 6 es un diagrama estructural esquemático de otro componente de conversión de polarización y deformación del haz en un WSS, de conformidad con una forma de realización de la presente invención;

La Figura 7 es un diagrama estructural esquemático de otro componente de demultiplexación de onda del lado de entrada en un WSS, de conformidad con una forma de realización de la presente invención; y

30 La Figura 8 es un diagrama esquemático de una estructura y un control de espectro de un motor de conmutación del lado de entrada o un motor de conmutación del lado de salida, en un WSS, de conformidad con una forma de realización de la presente invención.

35 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE FORMAS DE REALIZACIÓN

A continuación, se describen de forma clara y completa las soluciones técnicas en las formas de realización de la presente invención haciendo referencia a los dibujos adjuntos en las formas de realización de la presente invención. Evidentemente, las formas de realización descritas son algunas, pero no la totalidad de las formas de realización de la presente invención. Todas las demás formas de realización obtenidas por un experto en esta técnica, sobre la base de las formas de realización de la presente invención, sin necesidad de esfuerzos creativos, deberán caer dentro del alcance de protección de la presente invención.

45 La presente invención da a conocer un nuevo conmutador selectivo de longitud de onda, que puede poner en práctica un módulo de menor tamaño, y aplicar una mayor cantidad de puertos de componente y, además, es conveniente para calidad y puesta en servicio. Conviene señalar que una "conexión", en las formas de realización de la presente invención, se refiere a una conexión de ruta óptica. Un experto en esta técnica puede entender que componentes ópticos específicos pueden no tener una relación de conexión de contacto físico, pero posiciones espaciales de los componentes ópticos y funciones de componentes de los componentes ópticos, hacen que los componentes ópticos formen una relación de conexión de ruta óptica.

Según se ilustra en la Figura 2, las formas de realización de la presente invención dan a conocer un conmutador selectivo de longitud de onda WSS, en donde el conmutador WSS incluye: N puertos de entrada, en donde N es un número natural mayor que 1; una matriz de fibra del lado de entrada, conectada a los N puertos de entrada; una matriz de colimador del lado de entrada, conectada a la matriz de fibra del lado de entrada; un componente de conversión de polarización y deformación del haz del lado de entrada, conectado a la matriz de colimador del lado de entrada; un componente de demultiplexación de onda del lado de entrada, conectado al componente de conversión de polarización y deformación del haz del lado de entrada; un motor de conmutación del lado de entrada conectado al componente de demultiplexación de onda del lado de entrada; un grupo de lentes de transformación de enfoque, conectado al motor de conmutación del lado de entrada e incluyendo dos lentes convexas esféricas idénticas que están situadas en paralelo; un motor de conmutación del lado de salida, conectado al grupo de lentes de transformación de enfoque; un componente de combinación de onda del lado de salida, conectado al motor de conmutación del lado de salida; un componente de conversión de polarización y deformación del haz del lado de salida, conectado al componente de combinación de onda; una matriz de colimador del lado de salida, conectada al componente de conversión de polarización y deformación del haz del lado de salida; una matriz de fibra del lado de salida, conectada a la matriz de colimador del lado de salida; y M puertos de salida, en donde M es un número

natural mayor que 1.

La Figura 2 es una vista superior esquemática de un WSS de conformidad con una forma de realización de la presente invención. Más concretamente, el puerto de entrada está configurado para la introducción de una señal de luz; la matriz de fibra del lado de entrada está dispuesta en una fila en una dirección vertical, y está configurada para transmitir la señal de luz a la matriz de colimador del lado de entrada; la matriz de colimador del lado de entrada está dispuesta en una fila en la dirección vertical, y permite a la señal de luz, procedente de la matriz de fibra del lado de entrada, transmitirse al componente de conversión de polarización y deformación del haz del lado de entrada, en paralelo, es decir, está configurada para convertir la señal de luz desde la matriz de fibra del lado de entrada en una señal de luz paralela y para transmitir la luz en paralelo al componente de conversión de polarización y deformación del haz del lado de entrada; el componente de conversión de polarización y deformación del haz del lado de entrada está configurado para ampliar un tamaño de un haz de la señal luminosa, y está configurado para convertir la entrada de la señal luminosa en luz polarizada en un estado polarizado; el componente de demultiplexación de onda del lado de entrada está configurado para separar diferentes longitudes de onda en la señal luminosa procedente del componente de deformación de haz y conversión de deformación del lado de entrada; el motor de conmutación del lado de entrada y el motor de conmutación del lado de salida pueden ser sistemas micro-electro-mecánicos (MEMS, Micro-Electro-Mechanical Systems) o cristal líquido sobre silicio (LCOS, Liquid Crystal On Silicon), se puede establecer, de conformidad con información de establecimiento de enrutamiento de longitud de onda, un parámetro de un espejo MEMS o un pixel de LCOS correspondiente, con el fin de ajustar un ángulo de deflexión de luz incidente, y enfocar una señal de luz correspondiente para una posición espacial correspondiente; en consecuencia, el componente de combinación de onda del lado de salida está configurado para combinar la señal de luz y transmitir la señal luminosa al componente de conversión de polarización y deformación del haz del lado de salida; y el componente de conversión de polarización y deformación del haz del lado de salida crea un haz de luz procedente del componente de combinación de onda del lado de salida más pequeño y realiza una conversión de polarización; y la luz pasa a través de la matriz de colimador del lado de salida y la matriz de fibra del lado de salida y llega al puerto de salida.

La Figura 3 da a conocer una vista lateral esquemática de partes: una matriz de fibra y una matriz de colimador. Se puede ver que, en la dirección vertical, la matriz de fibra del lado de entrada, la matriz de fibra del lado de salida, la matriz de colimador del lado de entrada y la matriz de colimador del lado de salida están todas ellas dispuestas en una columna. Funciones de los componentes son universalmente conocidas y sus detalles no se describen aquí de nuevo.

La Figura 4 da a conocer, a modo de ejemplo, un componente de conversión de polarización y deformación del haz del lado de entrada, ben una forma de realización de la presente invención. El componente incluye un componente de separación de polarización, una placa de semi-onda y uno o más prismas. El componente de separación de polarización está configurado para convertir luz de entrada en dos haces de luz polarizada cuyas direcciones de polarización son perpendiculares entre sí; la placa de semi-onda está configurada para convertir, además, un haz de la luz polarizada en luz polarizada cuyo estado polarizado es el mismo que el de otro haz de luz polarizada; y el prisma está configurado para ampliar un tamaño de un punto de luz de los dos haces de luz polarizada y una distancia entre los dos haces de luz polarizada, es decir, ampliar el haz. Una cantidad de los prismas se indica, a modo de ejemplo. La cantidad puede ser dos, puede ser uno y evidentemente, pueden ser más. Conviene señalar que la Figura 4 es simplemente una vista superior de un componente correspondiente. En correspondencia con la Figura 3, en la dirección vertical, los componentes pueden actuar sobre señales de luz que son objeto de entrada por la totalidad de matrices de colimador del lado de entrada. De modo similar, un experto en esta técnica puede entender que todos los componentes en las formas de realización de la presente invención, pueden actuar en todas las señales de luz correspondientes en la dirección vertical, lo que no se describe, en detalle de nuevo. Además, un experto en esta técnica puede entender que existen múltiples componentes que pueden poner en práctica una función de conversión de deformación y polarización de haz, y las formas de realización de la presente invención se proporcionan solamente como un ejemplo.

La Figura 5 ilustra, a modo de ejemplo, un componente de demultiplexación de onda del lado de entrada en una forma de realización de la presente invención. El componente incluye una rejilla de difracción y una lente de enfoque. La rejilla de difracción puede ser una rejilla de difracción reflectiva, o puede ser una rejilla de difracción transmisiva (la Figura solamente proporciona ejemplos de la rejilla de difracción reflectiva). La rejilla de difracción está configurada para separar diferentes longitudes de onda. La lente de enfoque está configurada para la colimación de luz con diferentes longitudes de onda procedentes de la rejilla de difracción, y para la convergencia de luz de longitud de onda única desde la rejilla de difracción. Además, un experto en esta técnica puede entender que existen múltiples componentes que pueden poner en práctica una función de demultiplexación de onda, y las formas de realización de la presente invención dan a conocer solamente un ejemplo.

El motor de conmutación del lado de salida y el motor de conmutación del lado de entrada, en las formas de realización de la presente invención, pueden ser sistemas micro-electro-mecánicos (MEMS, Micro-Electro-Mechanical-Systems) o pueden ser cristal líquido sobre silicio (LCOS, Liquid Crystal On Silicon). En el sistema MEMS, un haz de luz que incide en un micro-reflector puede ser desviado por intermedio de un movimiento mecánico del micro-reflector, con el fin de poner en práctica la deflexión de una ruta óptica, con lo que se realiza la

conmutación de dimensiones (o rutas de transmisión) de la señal de luz. En LCOS, se puede formar una rejilla resplandeciente mediante establecimiento de una fase de un pixel, para desviar la luz incidente correspondiente.

La Figura 2 da a conocer la vista superior. De hecho, una función importante del conmutador WSS es la realización, entre diferentes puertos, de la conmutación de dimensión en una señal de luz con una longitud de onda correspondiente en una señal de luz procedente de cada puerto de entrada. El proceso se pone en práctica en tres etapas: una es en la que un módulo de demultiplexación de onda del lado de entrada separa, en primer lugar, una luz multiplexada de longitud de onda para cada puerto; una es en la que una señal de luz se desvía en la dirección vertical mediante el uso del motor de conmutación del lado de entrada y el motor de conmutación del lado de salida, con el fin de poner en práctica una asignación de cada longitud de onda entre los puertos; y una es en la que un módulo de combinación de onda del lado de salida combina luz multiplexada de longitud de onda procedente de diferentes puertos de entrada. La luz de múltiples longitudes de onda es interviniente. Una posición en la que una señal de luz de una longitud de onda, en un puerto de entrada fijo, es incidente para el motor de conmutación del lado de entrada para cuyo objeto se fija. Un ángulo de deflexión que se pone en práctica mediante el control del micro-reflector y un pixel correspondiente en la posición, permiten a la luz incidente que se desvíe en un ángulo correspondiente en la dirección vertical. A continuación, se enfoca la luz después de la deflexión mediante el grupo de lentes de transformación de enfoque, con el fin de enfocar la luz de deflexión a una posición que está en correspondencia con un puerto de salida del motor de conmutación del lado de salida. El motor de conmutación del lado de salida desvía la luz incidente, la segunda vez, en función de la posición que corresponde a un puerto de salida. Por último, la luz incidente es objeto de salida mediante el uso del puerto de salida después realizar las etapas de combinación, deformación de haz y conversión de polarización.

En el proceso, el enfoque de la luz es un procedimiento importante, hacia el motor de conmutación del lado de salida desde el motor de conmutación del lado de entrada. Puesto que el conmutador WSS es aplicable a un sistema de transmisión de longitud de onda múltiple, si la luz emergente del motor de conmutación del lado de entrada se enfoca mediante el uso de una lente convexa común, resulta muy difícil asegurar que la luz de cada longitud de onda esté en convergencia con una posición específica del motor de conmutación del lado de salida. Además, grados de convergencia de una misma lente, para diferentes longitudes de onda, son diferentes, lo que provoca que los tamaños de los espacios de luz que llegan en el motor de conmutación del lado de salida sean diferentes, lo que afecta el rendimiento del WSS.

El grupo de lentes de transformación de enfoque, en la Figura 2, incluye dos lentes convexas esféricas idénticas que están situadas en paralelo. El grupo de lentes de transformación de enfoque coopera con el motor de conmutación del lado de entrada y el motor de conmutación del lado de salida desde una perspectiva de una posición espacial, de modo que se realice el enfoque, al motor de conmutación del lado de salida, un punto de luz de una longitud de onda correspondiente procedente del motor de conmutación del lado de entrada. Las formas de realización de la presente invención usan, de forma creativa, el grupo de lentes de transformación de enfoque que incluye dos lentes convexas esféricas, y puede hacer converger, para el motor de conmutación del lado de salida correspondiente, con tamaños sin cambio, espacios de luz procedentes del motor de conmutación del lado de entrada. Una curvatura desde un centro a un borde de una superficie de la lente convexa esférica cambia continuamente, y se utiliza para controlar las longitudes focales de la luz con diferentes longitudes de onda, lo que es equivalente a que la lente convexa esférica incluya múltiples zonas de lente que corresponden a diferentes longitudes de onda, respectivamente. Las múltiples zonas de lente tienen diferentes longitudes focales. Una posición espacial del grupo de lentes de transformación de enfoque y la curvatura desde el centro al borde de la superficie, están configuradas, de manera óptica, de modo que la luz, con diferentes longitudes de onda, desde el motor de conmutación del lado de entrada esté enfocada a una posición correspondiente del motor de conmutación del lado de salida, respectivamente. La curvatura desde el centro al borde de la superficie de la lente convexa esférica cambia continuamente, y puede realizar el control de longitudes focales de la luz con diferentes longitudes de onda. La lente convexa esférica es equivalente a un conjunto de múltiples lentes convexas. Cada zona corresponde a una longitud de onda respectiva. Se fija una longitud de onda correspondiente y, además, se fija una longitud de ruta óptica después de que se fije una posición espacial. De este modo, solamente necesita establecerse una longitud focal adecuada que corresponda a la longitud de onda, y la luz de longitud de onda desde el motor de conmutación del lado de entrada puede enfocarse, evidentemente, a una posición correspondiente del motor de conmutación del lado de salida. De modo opcional, el conjunto de lentes de transformación no está limitado a tener solamente dos lentes convexas, y puede incluir más componentes configurados para ajustar una ruta óptica, tal como una lente convexa, una lente cóncava y una lente cilíndrica, a condición de que los puntos de luz del motor de conmutación del lado de entrada pueden converger, con tamaños no cambiados, con el motor de conmutación del lado de salida. De modo opcional, la lente convexa esférica puede ser una lente convexa esférica común o puede ser una lente convexa duplicada.

En las formas de realización de la presente invención, la curvatura desde el centro al borde de la superficie de la lente convexa esférica cambia continuamente y se utiliza para controlar las longitudes focales de la luz con longitudes de onda diferentes. Posiciones espaciales de las dos lentes convexas esféricas se establecen de forma adecuada, de modo que la luz, con diferentes longitudes de onda, desde el motor de conmutación del lado de entrada, puedan enfocarse, por separado, a la posición correspondiente del motor de conmutación del lado de salida, con el fin de poner en práctica una conexión de ruta óptica desde el motor de conmutación del lado de entrada al motor de conmutación del lado de salida.

Una estructura del componente de combinación de onda del lado de salida es similar a una estructura del componente de demultiplexación de onda del lado de entrada, y puesto que las direcciones de transmisión de la luz son reversibles, una pone en práctica de una función de demultiplexación de onda y una pone en práctica de una función de combinación de onda. Una estructura de un componente de conversión de polarización y deformación del haz del lado de salida es similar a una estructura del componente de conversión de polarización y deformación del haz del lado de entrada. Además, estructuras de la matriz de colimador del lado de salida, la matriz de luz de salida y el puerto de salida son universalmente conocidos y por ello no se describen aquí en detalle.

De modo opcional, según se ilustra en la Figura 6, el componente de conversión de polarización y deformación del haz del lado de entrada puede incluir, además, un componente de división de polarización, al menos un prisma y una placa de semi-onda que están dispuestas en secuencia, en donde el componente de división de polarización está configurado para convertir luz no polarizada, procedente de la matriz de colimador, en dos haces de luz polarizada, cuyas direcciones de transmisión son paralelas y cuyas direcciones de polarización son perpendiculares entre sí; los al menos dos prismas están configurados para ampliar un tamaño de un punto de luz de la luz polarizada y una distancia ente los dos haces de luz polarizada, cuyas direcciones de transmisión son paralelas y cuyas direcciones de polarización son perpendiculares entre sí; y una posición espacial de la placa de semi-onda está establecida de modo que un haz de luz polarizada de los dos haces de luz polarizada, cuyas direcciones de transmisión son paralelas y cuyas direcciones de polarización son perpendiculares entre sí, pase por intermedio de la placa de semi-onda, y el otro haz de luz polarizada no pase por intermedio de la placa de semi-onda. Una cantidad de los prismas, en la figura, es a modo de ejemplo. La cantidad puede ser superior. Un haz de luz polariza correspondiente se amplía utilizando el grupo de prismas, que aumenta una distancia entre los dos haces de luz polarizada. Después de que se aumente la distancia entre los dos haces de luz polarizada, la placa de semi-onda se utiliza para poner en práctica una conversión de dirección de polarización en un haz de luz polarizada de la misma. En comparación con el hecho de que la conversión de dirección de polarización se realice antes de que una de luz polarizada se amplíe en la técnica anterior, las formas de realización de la presente invención reducen una dificultad de montaje de la placa de semi-onda. Lo que anterior es igual para el componente de conversión de polarización y deformación del haz del lado de salida.

De modo opcional, el componente de demultiplexación de onda del lado de entrada puede ser según se ilustra en la Figura 7. El componente de demultiplexación de onda del lado de entrada incluye una rejilla de difracción, un prisma de compensación de dispersión y una lente convexa de enfoque, en donde la rejilla de difracción está configurada para separar, en función de longitudes de onda diferentes, luz desde el componente de conversión de polarización y deformación del haz del lado de entrada; el prisma de compensación de dispersión está configurado para realizar una compensación de dispersión en la luz que se separa mediante la rejilla de difracción; la lente convexa de enfoque está configurada para hacer converger la luz procedente del prisma de compensación de dispersión; y posiciones espaciales de la rejilla de difracción, el prisma de compensación de dispersión y la lente convexa de enfoque se establecen de modo que la luz de entrada cuyos espectros de frecuencia son continuos, se convierten, de conformidad con diferentes frecuencias de la luz, en luz que está en paralelo en el espacio e igualmente espaciada, y el hecho de estar igualmente espaciada es que las distancias en una dirección que es perpendicular a una dirección de disposición de la matriz de fibra del lado de entrada son iguales. Lo que antecede es lo mismo para el componente de combinación de onda del lado de salida.

De modo opcional, el motor de conmutación del lado de salida y la matriz de fibra del lado de salida forman un ángulo de θ , en donde θ puede ser un ángulo incluido mayor que 0 grados y menor que 5 grados. Después de que la luz procedente de una fibra de entrada que incide en el motor de conmutación del lado de entrada (tal como LCOS) mediante el uso de un colimador, sea difractada, la luz de difracción de nivel 0 se refleja, directamente, en un plano que está en correspondencia con una fibra incidente, en lugar de desviarse consecuentemente bajo su control. La luz de difracción de nivel 0, que se refleja directamente, entra en un puerto de salida incorrecto, con lo que se causa una comunicación cruzada. En las formas de realización de la presente invención, el motor de conmutación del lado de salida se hace para formar un pequeño ángulo de giro a lo largo de una dirección de una matriz de fibra y, por lo tanto, la luz de difracción de nivel 0 se desvía desde un plano de fibra por un ángulo de 2θ . De este modo, la luz de difracción de nivel 0 no suele acoplarse en un puerto de salida erróneo, lo que aumenta el aislamiento del puerto de un módulo, y disminuye la comunicación cruzada de un componente.

De modo opcional, el motor de conmutación del lado de salida es cristal líquido sobre silicio LCOS, el LCOS incluye múltiples bandas de paso de deflexión, que corresponden a luces con diferentes frecuencias, respectivamente, existe un espacio entre las múltiples bandas de paso de deflexión que corresponden a la luz con diferentes frecuencias, respectivamente, y pixels en el espacio se establecen como pixels no válidos. Según se ilustra en la Figura 8, la luz de multiplexación por división de longitud de onda que entra en la matriz de fibra del lado de entrada, desde el puerto de entrada y que emerge desde la matriz del colimador después de ser objeto de colimación por la matriz de colimador, entra al componente de multiplexación de onda del lado de entrada, se separa, de conformidad con su propia secuencia, en espaciamientos iguales en una dirección perpendicular a la matriz de fibra, y se transmite al motor de conmutación del lado de entrada. Si el motor de conmutación del lado de entrada es LCOS, para diferentes canales de longitud de onda, tal como un canal de 50-GHz, pixels en el LCOS pueden establecerse a pixels no válidos en un borde del canal en función de la información de establecimiento de ruta de longitud de onda.

5 Los pixels no se utilizan para realizar un procesamiento de deflexión en un haz de longitud de onda en un borde del canal de 50-GHz. Es decir, los pixels no válidos se utilizan para poner en práctica el control sobre un borde de banda del canal de 50-GHz; por lo tanto, se cambia una forma de banda de paso; y se puede suprimir, de manera efectiva, la comunicación cruzada o diafonía (el borde de banda se elimina por filtrado, y esta parte de señales no entra en un canal adyacente). Para el motor de conmutación del lado de salida, se puede realizar un mismo ajuste para los pixels no válidos.

10 De modo opcional, la matriz de fibra del lado de entrada y la matriz de fibra del lado de salida pueden estar dispuestas en dos columnas paralelas a lo largo de una dirección, pero en posiciones diferentes. Una entrada de luz y una salida de luz, en las formas de realización de la presente invención, están relativamente separadas. Por lo tanto, la matriz de fibra del lado de entrada y la matriz de fibra del lado de salida, y el puerto de entrada y el puerto de salida pueden no estar limitados para estar dispuestos en una columna vertical, con lo que se puede reducir la altura de un componente, y se pueden integrar más puertos.

15 De modo opcional, un experto en esta técnica puede entender que el puerto de entrada y el puerto de salida, del conmutador selectivo de longitud de onda puede ser el mismo o puede ser diferente, es decir, el conmutador selectivo de longitud de onda puede ser un NxN WSS o puede ser un NxM WSS.

20 Opcionalmente, el conmutador WSS, dado a conocer por las formas de realización de la presente invención, puede incluir, además, un controlador, configurado para controlar un ángulo por el que se desvía la luz por el motor de conmutación del lado de entrada y/o el motor de conmutación del lado de salida.

25 El conmutador WSS, dado a conocer por la presente invención, se pone en práctica, esencialmente, mediante conexión, utilizando un grupo de lentes de transformación de enfoque, un componente 1x(N-1) WSS a un componente 1x(M-1) WSS. Los dos componentes de WSS pueden ponerse en servicio por separado, y su dificultad de puesta en servicio es baja. En las formas de realización de la presente invención, una curvatura desde un centro a un borde de una superficie de una lente convexa esférica cambia continuamente, y puede controlar las longitudes focales de luz con diferentes longitudes de onda. Posiciones espaciales de dos lentes convexas esféricas y la curvatura desde el centro al borde de la superficie se establecen, de forma adecuada, de modo que la luz, con diferentes longitudes de onda, desde un motor de conmutación del lado de entrada, se enfoque a una posición correspondiente de un motor de conmutación del lado de salida, respectivamente, con el fin de poner en práctica una conexión de ruta óptica desde el motor de conmutación del lado de entrada al motor de conmutación del lado de salida. Además, un haz de luz polarizada correspondiente se amplía utilizando un grupo de prismas, que aumenta una distancia entre dos haces de luz polarizada, de modo que se reduce una dificultad de montaje de una placa de semi-onda. Y, además, luz que es emergente desde un componente de demultiplexación de onda del lado de entrada, en las formas de realización de la presente invención, y luz que es incidente a un componente de combinación de onda del lado de salida, son igualmente espaciadas, y resulta más fácil su puesta en servicio y calibración.

40 Las descripciones anteriores son simplemente maneras de puesta en práctica de la presente invención, pero no pretenden limitar el alcance de protección de la presente invención. Cualquier variación o sustitución que un experto en esta técnica realice con facilidad, dentro del alcance técnico dado a conocer en la presente invención, deberá caer dentro del alcance de protección de la presente invención. Por lo tanto, el alcance de protección de la presente invención deberá estar sujeto al alcance de protección de las reivindicaciones.

45

50

REIVINDICACIONES

1. Un conmutador selectivo de longitud de onda WSS, en donde el conmutador WSS comprende:

5 N puertos de entrada, en donde N es un número natural mayor que 1;

una matriz de fibra del lado de entrada conectada a los N puertos de entrada;

una matriz de colimador del lado de entrada, conectada a la matriz de fibra del lado de entrada;

10 un componente de conversión de polarización y deformación del haz del lado de entrada conectado a la matriz del colimador del lado de entrada;

15 un componente de demultiplexación de onda del lado de entrada conectado al componente de conversión de polarización y deformación del haz del lado de entrada;

un motor de conmutación del lado de entrada, conectado al componente de demultiplexación de onda del lado de entrada;

20 un grupo de lentes de transformación de enfoque, conectado al motor de conmutación del lado de entrada y que incluye dos lentes convexas esféricas idénticas que están situadas en paralelo, en donde una curvatura desde un centro al borde de una superficie de la lente convexa esférica cambia continuamente, y se utiliza para controlar longitudes focales de luz con diferentes longitudes de onda; y una posición espacial del grupo de lentes de transformación de enfoque y la curvatura desde el centro al borde de la superficie de la lente convexa esférica se establecen de modo que la luz, con diferentes longitudes de onda, procedentes del motor de conmutación del lado de entrada, se enfoque hacia una posición correspondiente de un motor de conmutación del lado de salida, respectivamente;

30 el motor de conmutación del lado de salida conectado al grupo de lentes de transformación de enfoque;

un componente de combinación de onda del lado de salida conectado al motor de conmutación del lado de salida;

35 un componente de conversión de polarización y deformación del haz del lado de salida, conectado al componente de combinación de onda del lado de salida;

una matriz de colimador del lado de salida conectada al componente de conversión de polarización y deformación del haz del lado de salida;

40 una matriz de fibra del lado de salida conectada a la matriz de colimador del lado de salida; y

M puertos de salida, en donde M es un número natural mayor que 1.

2. El conmutador WSS según la reivindicación 1, en donde

45 la matriz de fibra del lado de entrada y la matriz de fibra del lado de salida están dispuestas en dos columnas en paralelo a lo largo de la una dirección, pero en posiciones diferentes.

3. El conmutador WSS según la reivindicación 1 o 2, en donde

50 el componente de conversión de polarización y deformación del haz del lado de entrada comprende un componente de división de polarización, al menos un prisma y una placa de semi-onda que están dispuestos en secuencia, en donde el componente de división de polarización está configurado para convertir luz no polarizada, desde la matriz de colimador en dos haces de luz polarizada, cuyas direcciones de transmisión son paralelas y cuyas direcciones de polarización son perpendiculares entre sí; el al menos un prisma está configurado para ampliar un tamaño de un punto de luz de la luz polarizada y una distancia entre los dos haces de la luz polarizada, cuyas direcciones de transmisión son paralelas y cuyas direcciones de polarización son perpendiculares entre sí; y una posición espacial de la placa de semi-onda se establece de modo que un haz de luz polarizada de los dos haces de luz polarizada, cuyas direcciones de transmisión son paralelas y cuyas direcciones de polarización son perpendiculares entre sí, pase a través de la placa de semi-onda, y el otro haz de luz polarizada no pase a través de la placa de semi-onda.

60 4. El conmutador WSS según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde

el componente de demultiplexación de onda del lado de entrada comprende una rejilla de difracción, un prisma de compensación de dispersión y una lente convexa de enfoque, en donde la rejilla de difracción está configurada para separar, de conformidad con diferentes longitudes de onda, la luz desde el componente de conversión de polarización y deformación del haz del lado de entrada; el prisma de compensación de dispersión está configurado

para realizar una compensación de dispersión en la luz que se separa por la rejilla de difracción, la lente convexa de enfoque está configurada para la colimación de luz con diferentes longitudes de onda desde la rejilla de difracción, y para hacer converger la luz de longitud de onda única desde la rejilla de difracción; y posiciones espaciales de la rejilla de difracción, el prisma de compensación de dispersión y la lente convexa de enfoque son luz de entrada, cuyos intervalos de frecuencia son iguales, se convierte en luz que es paralela en espacio e igualmente espaciada, y el hecho de ser igualmente espaciada se refiere a que distancias en una dirección que es perpendicular a una dirección de disposición de la matriz de fibra del lado de entrada son iguales.

5 **5.** El conmutador WSS según la reivindicación 4, en donde

10 el motor de conmutación del lado de salida y la matriz de fibra del lado de salida forman un ángulo incluido mayor que 0 grados y menor que 5 grados.

15 **6.** El conmutador WSS según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde

el motor de conmutación del lado de salida es cristal líquido sobre silicio LCOS, comprendiendo el LCOS múltiples bandas de paso de deflexión que corresponden a luz con diferentes frecuencias, respectivamente, existe un espacio entre las múltiples bandas de paso de deflexión que corresponden a luz con diferentes frecuencias, respectivamente, y pixels en el espacio se establecen a pixels no válidos.

20 **7.** El conmutador WSS según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde

la lente convexa esférica es una lente convexa duplicada.

25 **8.** El conmutador WSS según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde

N es igual a M.

30 **9.** El conmutador WSS según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en donde

el conmutador WSS comprende, además, un controlador, configurado para controlar un ángulo por el que se desvía la luz por el motor de conmutación del lado de entrada y/o el motor de conmutación del lado de salida.

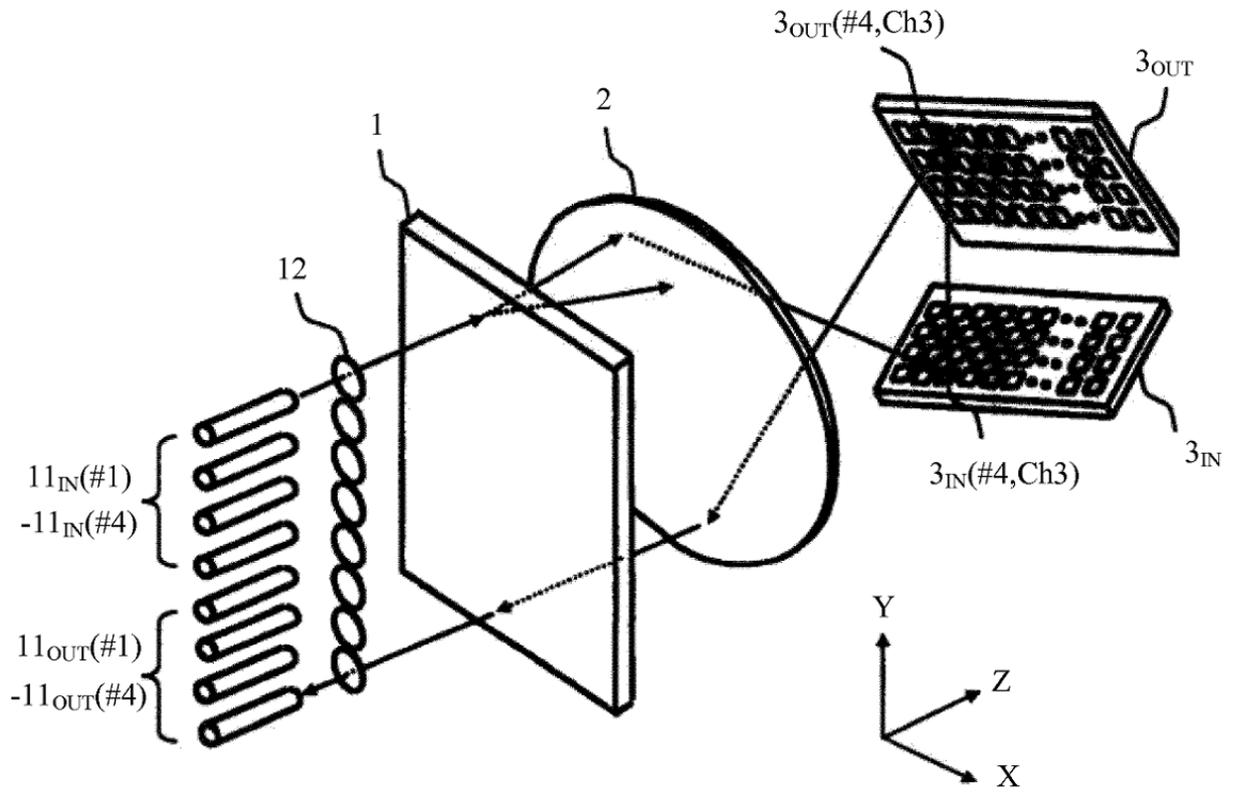


FIG. 1

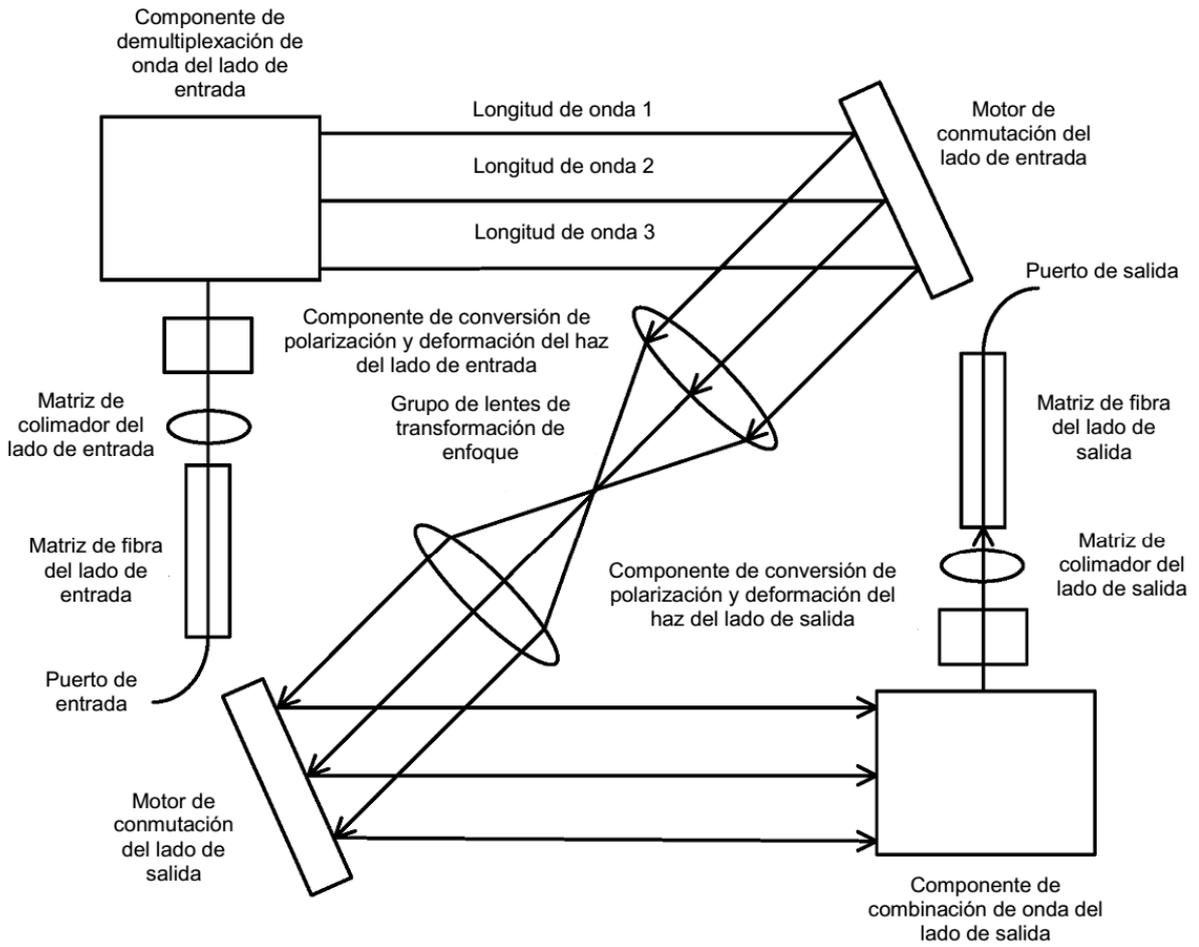


FIG. 2

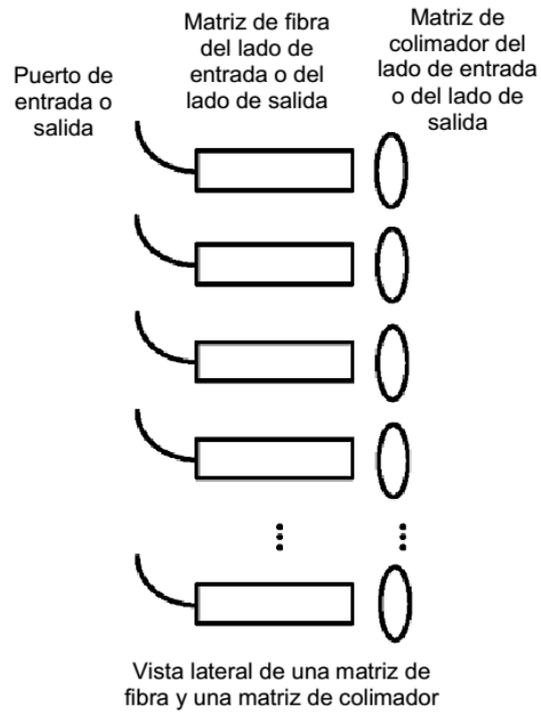


FIG. 3

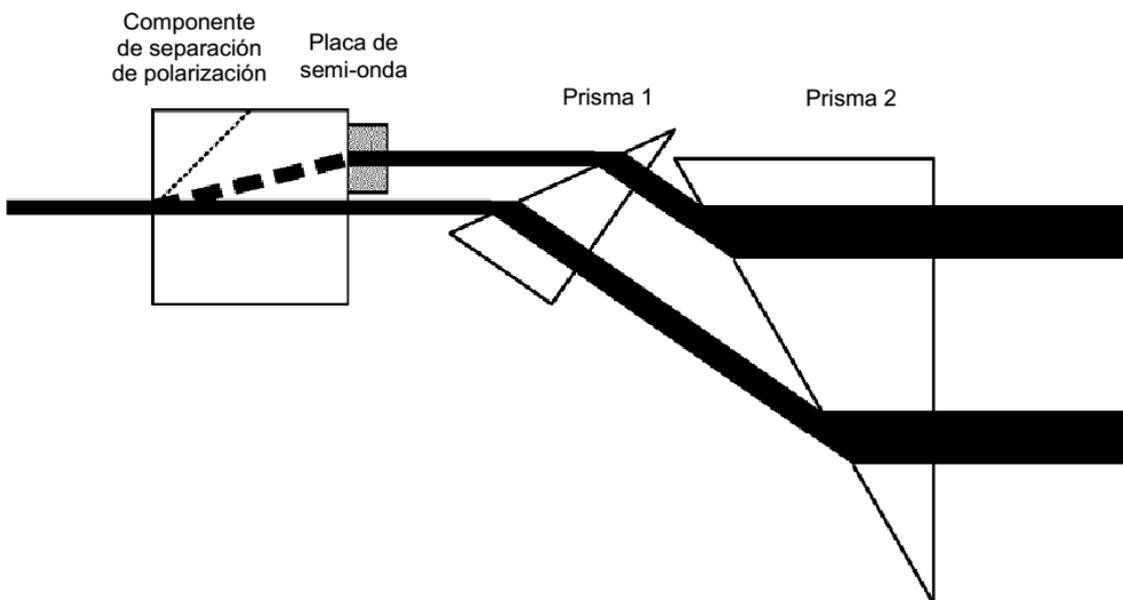


FIG. 4

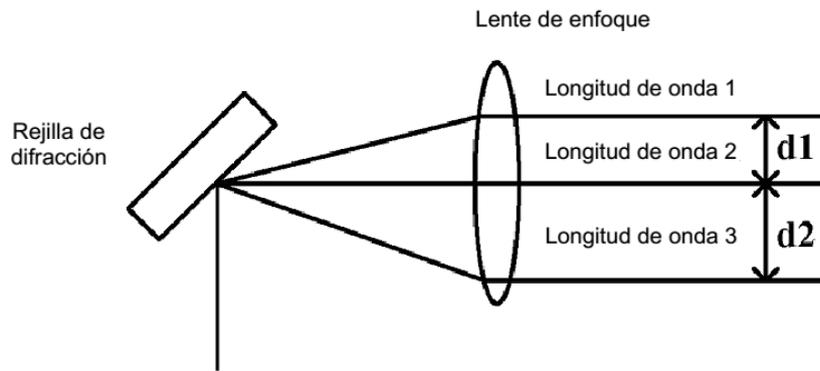


FIG. 5

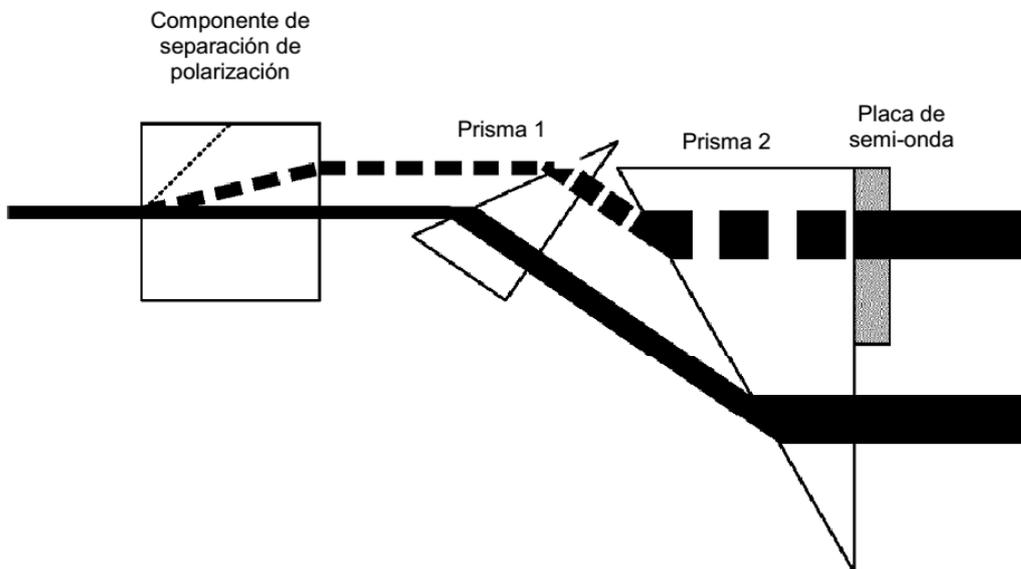


FIG. 6

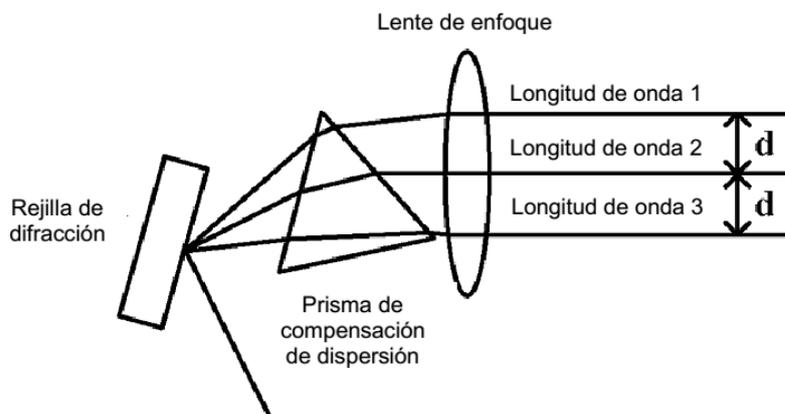


FIG. 7

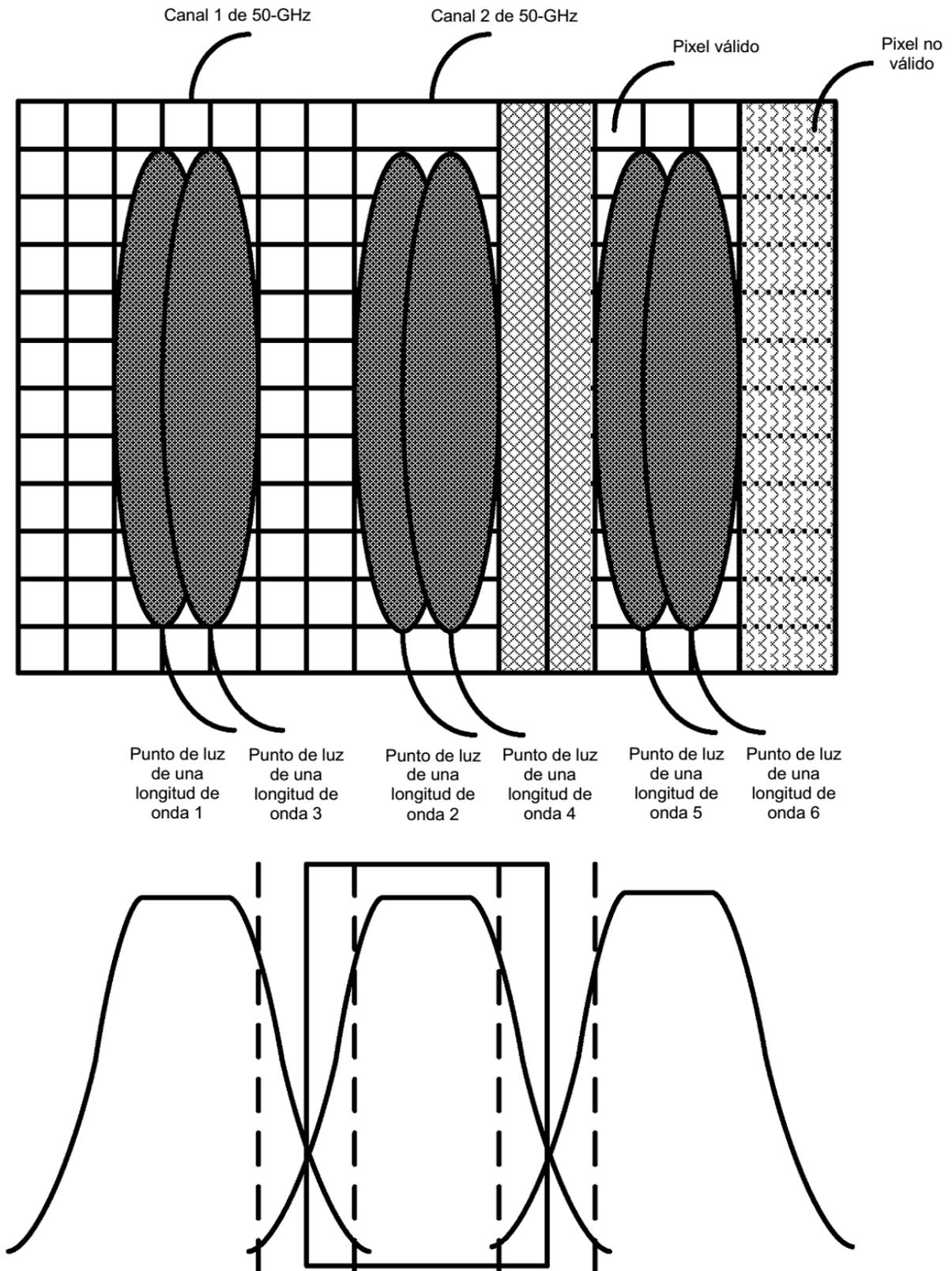


FIG. 8