

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 667 743**

51 Int. Cl.:

H01S 3/106 (2006.01)
H01S 5/0625 (2006.01)
H01S 5/065 (2006.01)
H01S 5/0687 (2006.01)
H01S 5/10 (2006.01)
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: **30.07.2014 PCT/GB2014/052326**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **05.02.2015 WO15015193**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.07.2014 E 14749961 (0)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.02.2018 EP 3028352**

54 Título: **Fuente óptica**

30 Prioridad:

30.07.2013 GB 201313550

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
14.05.2018

73 Titular/es:

**RUSHMERE TECHNOLOGY LIMITED (100.0%)
Saxon House Moseley's Farm Business Centre
Fornham All Saints
Bury St. Edmunds, Suffolk IP28 6JY, GB**

72 Inventor/es:

POUSTIE, ALISTAIR JAMES

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 667 743 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

Fuente óptica

5 La presente invención se refiere a una fuente óptica configurada para obtener un control de longitud de onda en un único emisor óptico o en una pluralidad de emisores ópticos.

10 Con la creciente demanda de capacidades de datos y ancho de banda, se han desarrollado con éxito tecnologías ópticas para facilitar la transmisión de datos ópticos de alta capacidad a través de redes de fibra óptica. Estas redes de larga distancia a menudo utilizan multiplexación por división de longitud de onda densa (DWDM) para permitir que una o más fuentes ópticas con diferentes longitudes de onda atraviesen una sola fibra óptica. Las redes de interconexión óptica de corta distancia también pueden usar técnicas de DWDM para aumentar la capacidad de datos en redes de fibra. Las redes requieren un control estable de la longitud de onda de la fuente óptica para mantener la señal óptica dentro de la banda de paso de uno o más filtros ópticos dentro de la red DWDM. Una solución conocida para mantener la longitud de onda de una fuente óptica DWDM es diseñar la fuente óptica para emitir una única salida de modo longitudinal, como un láser de retroalimentación distribuida (DFB), y luego controlar su longitud de onda por temperatura o inyección de corriente eléctrica en el dispositivo. Se pueden utilizar otros diseños complejos de chips láser para lograr una gran capacidad de ajuste de la longitud de onda del láser en muchas longitudes de onda. Sin embargo, estos métodos de control de longitud de onda son una de las principales contribuciones al consumo de energía eléctrica de la fuente óptica y la necesidad de refrigeración restringe la densidad de la placa frontal de estas fuentes en equipos eléctricos tales como enrutadores e interruptores. Adicionalmente, un dispositivo láser DWDM como un DFB o un láser sintonizable es complejo de fabricar y el rendimiento de los dispositivos fabricados a una longitud de onda DWDM específica es bajo, lo que lleva a un alto coste del chip láser.

25 Se ha mostrado el uso de bloqueo por inyección y generación por inyección para modificar el rendimiento espectral de un láser de semiconductor Fabry-Perot (por ejemplo, Optics Express, Vol. 15, No. 6, p. 2954, 2007) pero estas demostraciones no utilizan la incorporación de una sección de fase en el láser. Alternativamente, se ha mostrado la utilización de reflejos distantes a la longitud de onda que estabiliza la salida espectral del láser (Optical Fiber Communications 2011, papel OMP4, IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, VOL 24, N° 17, página 1523, 1 de septiembre de 2012). Estos esquemas de longitud de onda múltiple utilizan un reflector compartido después de un filtro selectivo de longitud de onda, pero dependen de la gran distancia para desfasar la luz reflejada con respecto a la luz láser original.

35 Se ha demostrado el uso de uno o más contactos en un láser semiconductor, como en el IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics, vol. 10, p. 982, 2004, pero solo para modificar el rendimiento de modulación del láser, no para ajustar las frecuencias de modo como en esta aplicación.

40 El uso de una cavidad externa que incorpora un filtro para modificar la respuesta espectral de un láser se ha mostrado en el documento US6496523, pero nuevamente esto no incluye el uso de una sección de fase en el láser para sintonizar las frecuencias de modo con respecto a la frecuencia de filtro.

45 Las mejoras de selectividad de longitud de onda en los láseres semiconductores Fabry-Perot para redes ópticas pasivas multiplexadas por división de longitud de onda (WDM-PON) se han demostrado utilizando fuentes externas para generar emisiones espontáneas amplificadas (H.D. Kim, S.G. Kang y C.H. Lee, "A low-cost WDM source with an ASE injected Fabry-Perot semiconductor laser," IEEE Photonics Technol. Lett. Vol. 12, pp.1067-1069, (2000)) o luz de onda continua ("High-speed WDM-PON using CW injection-locked Fabry-Pérot laser diodes", Zhaowen Xu, Yang Jing Wen, Wen-De Zhong, Chang-Joon Chae, Xiao-Fei Cheng, Yixin Wang, Chao Lu y Jaya Shankar, Optics Express, Vol.15 No.6, p.2953, (2007)). En estos ejemplos, no hay monitoreo ni retroalimentación para controlar las longitudes de onda del láser.

50 LI SHENPING ET AL: "Wavelength tuning in self-seeded gain-switched Fabry-Perot laser diode with Moire grating" ELECTRONICS LETTERS, IEE STEVENAGE, GB, Col. 35, no. 25. El 19 de diciembre de 1999 describe un diodo láser de Fabry Perot autogenerado de una rejilla de Moire que tiene un espectro de reflexión similar a un peine.

55 La presente invención es como se establece en las reivindicaciones adjuntas.

60 En un aspecto de la presente invención, se proporciona una fuente óptica que comprende: una sección de cavidad de láser dispuesta entre un primer reflector óptico y un segundo reflector óptico, la sección de cavidad de láser comprende: una sección de ganancia óptica; y, una sección de control de fase óptica en comunicación óptica con la sección de ganancia, y configurada para poder cambiar la frecuencia de modo longitudinal de la fuente óptica; y, un filtro óptico externo a y en comunicación óptica con la sección de la cavidad del láser, en el que: al menos uno de los primeros o segundos reflectores ópticos es un reflector óptico parcial; y, el filtro óptico está configurado para recibir luz láser desde uno de dichos al menos un reflectores ópticos parciales y filtrar dicha luz recibida; y, la fuente óptica está configurada para introducir luz filtrada en uno de dichos al menos un reflectores ópticos parciales; y, el filtro óptico comprende un filtro de película delgada óptico que comprende una respuesta de filtro de banda de paso; y, la

fente óptica está configurada para cambiar la longitud de onda central de la respuesta de paso de banda del filtro óptico al cambiar el ángulo de incidencia que subtiende la luz láser de salida con el filtro de película delgada óptica.

5 Dicho aspecto de la invención se puede modificar con y/o comprender adicionalmente cualquiera de las siguientes características como se describe en este documento.

La sección de control de fase óptica puede ser controlable independientemente de la sección de ganancia.

10 La sección de control de fase óptica o las secciones de ganancia pueden ser controladas electrónicamente.

La sección de ganancia óptica puede comprender un material semiconductor.

La sección de control de fase óptica puede comprender un material semiconductor.

15 El material semiconductor de la sección de fase óptica puede comprender un espacio de banda mayor que el material semiconductor de sección de ganancia.

20 El primer reflector puede ser un reflector parcial y configurado para: emitir una porción de la luz láser al filtro; y, recibir la luz láser filtrada del filtro.

La fuente óptica puede comprender además un tercer reflector óptico externo al láser y configurado para: recibir luz láser filtrada desde el filtro óptico; y, reflejar la luz láser filtrada hacia el filtro óptico.

25 El tercer reflector óptico puede ser un reflector parcial tal que está configurado para transmitir una parte de la luz como una salida de la fuente de láser.

30 El tercer reflector óptico puede reflejar sustancialmente toda la luz filtrada de vuelta al filtro óptico; y, el segundo reflector óptico puede ser un reflector óptico parcial configurado para transmitir una parte de la luz como una salida de la fuente de láser.

El primer reflector puede ser un reflector parcial y está configurado para emitir una parte de la luz láser al filtro; y, el segundo reflector puede ser un reflector parcial y está configurado para recibir una porción de la luz láser filtrada del filtro.

35 El ancho máximo de la mitad de ancho completo de paso de banda de filtro puede ser menor que la separación de modo longitudinal del láser.

El filtro óptico puede comprender un filtro de película delgada óptico.

40 La fuente óptica puede comprender una pluralidad de dichos láseres, en la que el filtro óptico comprende un filtro óptico de múltiples longitudes de onda que comprende una pluralidad de paso de banda ópticas.

45 El filtro puede estar configurado para recibir luz desde una pluralidad de trayectorias de luz separadas físicamente, en donde cada una de dichas trayectorias de luz está asociada con una banda de paso óptica diferente; y, cada uno de la pluralidad de láseres está en comunicación óptica con una trayectoria de luz diferente.

El filtro óptico comprende una rejilla de guía de ondas ordenada (AWG).

50 La fuente óptica puede comprender un tercer reflector óptico; y, el AWG puede comprender una trayectoria de salida multiplexada de longitud de onda en comunicación óptica con el tercer reflector; y el tercer reflector óptico puede estar configurado para recibir luz láser filtrada de la salida multiplexada del AWG y reflejar al menos una parte de dicha luz filtrada de nuevo en la salida multiplexada del AWG.

55 Se puede insertar un filtro óptico adicional en la trayectoria óptica entre, y en comunicación óptica con, la pluralidad de láseres y el filtro de múltiples longitudes de onda.

El filtro óptico puede estar atérmico.

60 El filtro óptico puede comprender medios de atermalización.

El láser puede estar atérmico.

El láser puede comprender medios de atermalización.

65 Los medios de atermalización pueden comprender cualquiera de movimiento mecánico, cambio de índice de refracción inducido por estrés o térmico en el filtro.

Cualquiera de los filtros láser, ópticos y cualquier tercer reflector puede estar ópticamente conectado al menos parcialmente mediante propagación de luz en el espacio libre.

5 El láser, el filtro óptico y cualquier tercer reflector pueden estar ópticamente conectados al menos parcialmente por una o más fibras ópticas.

El láser, el filtro óptico y cualquier tercer reflector pueden estar ópticamente conectados al menos parcialmente por una o más guías de ondas ópticas integradas.

10 La sección de control de fase óptica puede estar configurada para recibir una corriente o voltaje y proporcionar un cambio en el índice de refracción de la sección de control de fase en respuesta a la corriente o voltaje recibido.

15 La fuente óptica puede comprender además un detector óptico acoplado ópticamente a cualquiera de: una salida de láser; una salida del filtro óptico; una porción transmitida de un tercer reflector óptico.

El detector puede estar acoplado ópticamente a la salida filtrada del filtro óptico.

20 El detector puede estar configurado para recibir luz de la fuente y generar una o más señales eléctricas; y, la sección de control de fase puede configurarse para recibir señales eléctricas, basadas al menos en parte en las señales eléctricas del detector, para cambiar el índice de refracción de la sección de fase.

25 La fuente óptica puede comprender además medios de procesamiento electrónico configurados para: recibir dichas señales eléctricas del detector; procesar las señales de dicho detector y transmitir señales eléctricas procesadas a la sección de control de fase.

30 Se presenta además una fuente de láser de semiconductor de bajo coste (láser Fabry-Perot) para formar una fuente óptica DWDM controlada por longitud de onda, utilizando un elemento de ajuste de frecuencia de modo longitudinal en el chip láser y autoinyección bloqueando el láser para un filtro óptico local. El filtro local se puede atermalizar de manera que la frecuencia de la fuente no muestre una gran variación en la frecuencia en un rango de temperatura extendido. La frecuencia de los modos longitudinales del láser se controla y se controla por separado a través de la sección de fase, de modo que al menos un modo longitudinal se bloquea por inyección en el rango de temperatura extendida.

35 Las realizaciones de la presente invención se describirán ahora en detalle con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La Figura 1 muestra el chip 1 de láser con la sección 2 de control de fase.

40 La Figura 2 muestra la sintonización de longitud de onda de los modos láser;

La figura 3 muestra una pluralidad de chips 7 láser con secciones 8 de control de fase separadas.

45 La figura 4 muestra cómo la longitud de onda de cada fuente de chip láser es monitoreada en potencia y frecuencia a través de uno o más filtros de paso de banda de múltiples longitudes de onda.

La figura 5 muestra una pluralidad de chips 7 láser, con secciones 8 de control de fase separadas acopladas ópticamente mediante conjuntos de lentes 9, 10 a un filtro 11 de paso de banda de múltiples longitudes de onda.

50 La figura 6 muestra el chip 16 láser con dos espejos 17 reflectantes y dos contactos eléctricos: uno para la sección de fase 18 y otro para la sección 19 de ganancia.

55 Las fuentes ópticas se presentan configuradas para emitir luz láser. Las fuentes ópticas preferiblemente emiten luz en el rango de longitud de onda entre 1530-1565 nm (también conocida como banda C), pero en principio pueden emitir luz láser en uno o más de los siguientes rangos de longitud de onda: 1260 a 1360 nm (también conocido como la banda O), 1360 a 1460 nm (también conocida como banda E), 1460 a 1530 nm (también conocida como banda S), 1565 a 1625 nm (también conocida como banda L), 1625 a 1675 nm (también conocida como banda U). Dichos intervalos de longitud de onda se utilizan preferiblemente para aplicaciones de telecomunicación. Para aplicaciones de sensores, la fuente óptica se puede configurar en cualquier banda de longitud de onda óptica.

60 Preferiblemente, las fuentes ópticas se deben usar para redes ópticas de corto alcance, tales como aquellas con extensiones de fibra óptica que no excedan los 20 km, sin embargo, en principio, las fuentes ópticas pueden usarse para cualquier información o comunicación óptica o cualquier otra aplicación que requiera fuente de láser estable.

La salida de las fuentes ópticas es típicamente luz de onda continua (CW), aunque en principio la salida de luz podría ser pulsada, por ejemplo, modulando directamente la corriente de inyección de fuente, o utilizando cualquier otro medio de modulación adecuado.

5 El láser comprende un primer y segundo reflector óptico. Cualquiera de los reflectores puede ser un espejo. Preferiblemente ambos reflectores son espejos. Una sección de cavidad de láser está dispuesta entre dichos reflectores. La sección de la cavidad del láser comprende al menos una sección de ganancia óptica que comprende un medio de ganancia óptica tal que la luz generada por el medio de ganancia está configurada para reflejarse en ambos espejos para formar un láser de Fabry Perot. La sección de la cavidad del láser también comprende una
10 sección de control de fase. La sección de control de fase comprende un medio que está físicamente separado del medio de ganancia y está configurado para poder cambiar el índice de refracción de al menos parte de la sección de control de fase. El ajuste del índice de refracción de la sección de control de fase a su vez ajusta las frecuencias de modo longitudinal de la cavidad del láser. La sección de control de fase puede provocar el cambio del índice de refracción por cualquier medio adecuado. El primer y el segundo reflectores ópticos están configurados, juntos, para
15 alimentar suficiente luz hacia atrás en la sección de la cavidad del láser para que el láser pueda funcionar como un láser.

Dichos medios de control de fase pueden incluir el uso de un efecto termo-óptico, por ejemplo, cuando se suministra una corriente a un elemento de calentamiento adyacente al medio de control de fase. Adicional o alternativamente, la inyección de portador (corriente) en un medio de control de fase puede causar el cambio del índice de refracción.

Típicamente, la sección de control de fase comprende un contacto eléctrico configurado para aplicar una señal de corriente o tensión adecuada al medio de control de fase de la sección de control de fase para dar lugar al cambio de índice de refracción deseado.

25 Preferiblemente, la sección de ganancia comprende un medio de ganancia de semiconductor.

Preferiblemente, la sección de control de fase comprende un medio de control de fase semiconductor.

30 Cualquiera de las secciones de control de ganancia o de fase puede comprender una pluralidad de medios de control de ganancia o de fase diferentes, respectivamente.

Preferiblemente, uno cualquiera o más de los medios semiconductores comprenden InP, o InGaAsP o AlInGaAs o InGaAs o cualquier otro material semiconductor adecuado que incluye puntos cuánticos o semiconductores orgánicos.

Preferiblemente, tanto el medio de ganancia como el medio de control de fase ambos comprenden material semiconductor. El láser puede ser un láser semiconductor Fabry Perot.

40 Cualquiera de las secciones del láser puede comprender una guía de ondas. Cualquiera de dichas guías de ondas puede ser cualquiera de una guía de ondas de nervadura, guía de ondas de caballete, guía de ondas enterrada o cualquier otra estructura de guía de ondas adecuada que comprenda materiales semiconductores y/o dieléctricos adecuados que proporcionen la funcionalidad requerida por cada una de dichas secciones.

45 Para una sección de control de fase que usa inyección de corriente, el medio semiconductor en la sección de control de fase comprende preferiblemente una separación de banda mayor que el medio semiconductor en la sección de ganancia. En principio, la banda prohibida de la sección de control de fase puede ser cualquier banda prohibida, por ejemplo, la banda prohibida en la sección de control de fase puede ser la misma que la sección de ganancia.

50 Preferiblemente, la sección de control de fase y la sección de ganancia se controlan electrónicamente por separado de manera que la corriente o voltaje aplicado al medio de control de ganancia no se aplica al medio de control de fase y viceversa. El medio de ganancia está preferiblemente acoplado electrónicamente a dos contactos eléctricos. El medio de control de fase está preferiblemente acoplado electrónicamente a dos contactos eléctricos. Uno de los contactos puede ser un terreno común o un ánodo compartido con la sección de ganancia.

55 En principio, la sección de la cavidad del láser puede comprender una pluralidad de secciones de ganancia y/o una pluralidad de secciones de control de fase.

Al menos uno de los primeros y segundos espejos se refleja parcialmente en el rango de longitud de onda de interés. En principio, ambos espejos pueden estar parcialmente reflejando. Preferiblemente, un espejo parcialmente reflejante refleja cualquiera de 80% a 99% de la luz incidente sobre él, más preferiblemente 85-95%. Preferiblemente, los reflectores reflejan sustancialmente la misma cantidad de luz a lo largo del rango de operación de la longitud de onda de manera que los reflectores son de banda ancha en respuesta óptica. Preferiblemente, la cavidad del láser comprende un chip semiconductor y los reflectores están unidos físicamente a los extremos del chip, por ejemplo, recubriendo los extremos del chip o mediante cualquier otro medio adecuado.

La fuente óptica comprende un láser acoplado ópticamente a un filtro óptico externo que retroalimenta la luz láser de salida filtrada en el láser, formando así una cavidad óptica externa. La cavidad óptica externa puede comprender un reflector óptico adicional que refleja la luz filtrada de vuelta al filtro óptico. El reflector adicional es al menos un reflector óptico parcial, o puede ser un reflector óptico que refleja sustancialmente el 100% de la luz que incide sobre él en el rango de longitud de onda del funcionamiento de la fuente.

La cavidad óptica externa está acoplada ópticamente al láser de manera que la luz que sale del láser desde un reflector parcialmente reflejante incide sobre el filtro óptico. El filtro óptico puede ser un único dispositivo de filtro óptico o una pluralidad de filtros ópticos con una característica de filtrado óptico combinado. El filtro óptico comprende preferiblemente una característica de filtrado de paso de banda como se muestra en la figura 2.

Los siguientes ejemplos se pueden modificar o cambiar como se describió anteriormente.

En un primer ejemplo, se proporciona una fuente óptica que comprende un láser semiconductor acoplado ópticamente a un filtro y reflector óptico de paso de banda estrecho, en el que la reflexión óptica filtrada bloquea al láser para que funcione a una sola longitud de onda determinada por el filtro óptico de paso de banda. El láser contiene un método de sintonización de frecuencia de modo longitudinal en el que la frecuencia de al menos uno de los modos de láser se puede sintonizar a la misma frecuencia que el filtro óptico. Esto permite controlar la longitud de onda de la fuente óptica de tal manera que la fuente del láser emite una sola longitud de onda.

Preferiblemente, el láser es un láser semiconductor Fabry-Perot que comprende al menos dos secciones. Dicho láser está acoplado ópticamente a un filtro óptico de paso de banda estrecho y a un reflector óptico parcial. Una sección del láser se usa para controlar la ganancia óptica del chip láser, por ejemplo, inyectando corriente en dicha sección, y la otra sección se usa para variar la frecuencia y/o ganancia de los modos longitudinales del láser. La sección de control de fase y la sección de ganancia son controlables independientemente. El paso de banda del filtro óptico es preferiblemente de una frecuencia más estrecha que la separación del modo longitudinal del láser, de manera que el filtro solo pasa uno de los modos longitudinales del láser. La longitud de onda del filtro óptico puede sintonizarse, por ejemplo, alterando el ángulo del filtro con respecto a la salida del haz óptico incidente del láser. El filtro óptico es preferiblemente un dispositivo recubierto de película delgada revestido sobre un sustrato plano paralelo de modo que el ángulo emergente del haz óptico no se desvía ya que el filtro óptico está sintonizado en ángulo. El sustrato para el filtro revestido es preferiblemente un material térmicamente compensado (atérmico) de modo que la longitud de onda central del filtro tiene una pequeña variación con la temperatura, por ejemplo $<3 \text{ pm}^\circ\text{C}$. En esta realización, la longitud de onda de la salida de la fuente óptica puede mantenerse a la temperatura controlando la sección de fase del láser para variar la frecuencia absoluta de los modos longitudinales. Si el rango de temperatura se extiende más allá del rango de sintonización de un modo longitudinal particular, entonces un modo longitudinal adyacente puede usarse alternativamente para comprender la salida de la fuente óptica. La cavidad de Fabry-Perot también se puede atemalizar utilizando una sección de guía de onda de polímero óptico adicional de forma que la variación longitudinal en la frecuencia de modo se controle para que sea menor que el ajuste de frecuencia de modo producido controlando la sección de fase.

También se presenta una fuente óptica de múltiples longitudes de onda que comprende una pluralidad de láseres semiconductores acoplados ópticamente a un filtro óptico multicanal y reflector común, en el que la reflexión óptica filtrada induce a cada láser a operar en una única y distinta longitud de onda determinada por la respuesta de frecuencia del filtro óptico. Cada láser está configurado para poder sintonizar la frecuencia del modo longitudinal del láser. La frecuencia de los modos de láser de cada láser se puede ajustar, independientemente de otros láseres, a una frecuencia central particular de una banda de paso del filtro óptico multicanal. Preferiblemente, cada láser está sintonizado a una frecuencia central de paso de banda diferente del filtro. La cavidad láser Fabry-Perot de uno o más de los láseres también se puede atemalizar utilizando una sección de guía de onda de polímero óptico adicional para que la variación longitudinal en frecuencia de modo se controle para que sea menor que el ajuste de frecuencia de modo producido controlando la sección de fase.

Preferiblemente, se proporciona una pluralidad de láseres semiconductores Fabry-Perot, cada uno comprende al menos dos secciones. Dichos láseres están acoplados ópticamente a un filtro óptico de paso de banda de múltiples longitudes de onda y a un reflector parcial común. Una sección de cada láser se usa para controlar la ganancia óptica del chip láser y la otra sección se usa para variar la frecuencia (y la ganancia) de cada modo longitudinal del láser. El paso de banda de cada canal del filtro óptico de múltiples longitudes de onda es preferiblemente de frecuencia más estrecha que la separación del modo longitudinal del láser, de modo que el filtro solo pasa uno de los modos de láser para cada canal de longitud de onda. La frecuencia central de cada canal del filtro óptico de múltiples longitudes de onda está determinada por el diseño del filtro. El filtro óptico de múltiples longitudes de onda está preferiblemente compensado térmicamente de manera que la longitud de onda central de cada canal del filtro tiene una pequeña variación con la temperatura. En este ejemplo, la longitud de onda de la salida de la fuente óptica puede mantenerse a la temperatura controlando la sección de fase del láser para variar la frecuencia absoluta de los modos longitudinales. Si el rango de temperatura se extiende más allá del rango de sintonización de un modo longitudinal particular, entonces un modo adyacente puede usarse alternativamente para comprender la fuente óptica.

Se proporciona además una fuente óptica con una pluralidad de láseres, acoplados ópticamente a un primer filtro óptico y reflector óptico en el que se inserta un segundo filtro óptico en la trayectoria óptica entre los láseres y el primer filtro óptico para permitir una selección predefinida de longitudes de onda para reflejarse en los láseres.

5 La figura 1 muestra el chip 1 láser con la sección de control de fase 2 acoplada ópticamente a través de una lente 3 a un filtro 4 de paso de banda óptico y un reflector 5 parcial. El haz de salida del láser se puede colimar o enfocar con una lente 3 para permitir retroreflexión de una parte del haz del reflector 5 parcial. La intensidad de la luz reflejada se diseña de forma tal que la autoinyección del haz reflejado bloquea el láser a una longitud de onda determinada por el filtro 4 óptico. Un detector 6 óptico después del parcial el reflector 5 se puede usar para controlar la frecuencia de un modo longitudinal con respecto a la frecuencia del filtro óptico como parte de un circuito de control electrónico. El filtro 4 puede ajustarse por posición, ángulo, temperatura o eléctricamente para variar la longitud de onda de la fuente óptica. En cada longitud de onda del filtro óptico, la fase y frecuencia de los modos longitudinales del chip láser se ajustan a través de la sección de fase 2 de modo que la frecuencia de un modo se sobrepone con la frecuencia del filtro óptico. El filtro 4 óptico puede fabricarse mediante deposición de película delgada en un sustrato térmicamente adaptado de modo que la variación en la frecuencia central con la temperatura sea inferior a 3 pm/°C.

La figura 2 muestra la sintonización de longitud de onda de los modos de láser 30 con respecto a un filtro de paso de banda a la frecuencia ω_1 . La figura 2 muestra dos gráficos que muestran modos láser 30 de un láser y la característica 32 de paso de banda dependiente de la frecuencia del filtro óptico que tiene una frecuencia central de paso de banda ω_1 .

El gráfico de la izquierda de la figura 2, con la etiqueta (a) debajo, muestra que ninguno de los modos láser iniciales del láser tiene una frecuencia igual a ω_1 .

El gráfico de la derecha de la figura 2, con la etiqueta (b) debajo, muestra el cambio de los modos láser del mismo láser mediante la sintonización de los modos longitudinales del láser mediante la sección de fase 8. En este segundo caso "sintonizado", los modos láser se han desplazado de tal manera que uno de los modos láser se alinea con la frecuencia central ω_1 del filtro óptico externo.

La figura 3 muestra una pluralidad de chips 7 láser con secciones 8 de control de fase separadas acopladas ópticamente mediante conjuntos de lentes 9, 10 a un filtro 11 de paso de banda de múltiples longitudes de onda y reflector 12 parcial común. Cada chip láser se sintoniza a través de la sección 8 de fase de modo que un modo longitudinal se sobrepone en frecuencia con los canales de filtro de paso de banda fijos. La intensidad de la luz reflejada del reflector 12 parcial común está diseñada de manera que la autoinyección del haz reflejado bloquea cada láser a una longitud de onda determinada por los canales de paso de banda del filtro óptico separados. El filtro 11 de paso de banda de múltiples longitudes de onda puede tener la forma de un dispositivo de guía de ondas ópticas, tal como una rejilla de guía de ondas dispuesta en una matriz, o un dispositivo de espacio libre tal como una rejilla Eschelle. El filtro 11 de paso de banda de múltiples longitudes de onda tiene compensación térmica, tal como movimiento mecánico o relleno de polímero óptico, de manera que la longitud de onda central de cada canal de filtro tiene una baja variación en la frecuencia central con temperatura, por ejemplo, por debajo de 3 pm/°C.

La figura 4 muestra cómo la longitud de onda de cada fuente de chip láser se monitoriza en potencia y frecuencia a través de uno o más filtros 13 de paso de banda de múltiples longitudes de onda acoplados ópticamente a fotodiodos de monitor múltiple 14. Las frecuencias de paso de banda ópticas de los filtros 13 de monitor están alineadas o desplazar al filtro 11 de paso de banda de múltiples longitudes de onda desde la fuente.

La figura 5 muestra una pluralidad de chips 7 láser con secciones 8 de control de fase separadas acopladas ópticamente mediante conjuntos de lentes 9, 10 a un filtro 11 de paso de banda de múltiples longitudes de onda, reflector 12 parcial común y filtros 13 de monitorización, donde un filtro óptico separado 15 se inserta entre los chips láser y el filtro 11 de paso de banda de múltiples longitudes de onda. El filtro 15 se puede colocar entre dos conjuntos de lentes 9, 10 de tal manera que el haz de los chips láser se colima a través del filtro 15 recubierto de película delgada. la respuesta de transmisión del filtro está diseñada para permitir el paso de un rango definido de longitudes de onda a través del filtro y, por lo tanto, seleccionar uno o más rangos de longitud de onda para reflejarse en los chips de láser del reflector 12 parcial común. Por ejemplo, si el paso de banda de longitud de onda múltiple el filtro 11 es una rejilla de guía de ondas de matriz, luego el filtro 15 se puede usar para seleccionar un único intervalo de espectro libre de la respuesta de red de guía de ondas periódica de matriz. El filtro 15 puede revestirse sobre un sustrato térmicamente adaptado de manera que la variación en la respuesta del filtro óptico con la temperatura sea pequeña, por ejemplo, por debajo de 3 pm/°C.

La Figura 6 muestra una estructura 16 de chip de láser semiconductor preferida con espejos 17 reflectantes en cada faceta del láser semiconductor. Se proporciona un contacto eléctrico separado 18 para la sección de fase y se proporciona un contacto eléctrico separado 19 para la sección de ganancia. Estos contactos están fabricados sobre las guías de onda ópticas del dispositivo de chip láser.

Las características de los ejemplos presentados aquí pueden incluir:

- 5 1. Una fuente óptica que comprende un láser semiconductor acoplado ópticamente a un filtro óptico local y un reflector óptico, donde el láser tiene una sección de control de fase para sintonizar la frecuencia del modo longitudinal del láser con respecto a la frecuencia de filtro óptico
- 10 2. Una fuente óptica de acuerdo con la característica 1, donde el ancho del paso de banda del filtro es menor que la separación de modo longitudinal del láser de semiconductor.
3. Una fuente óptica de acuerdo con la característica 2 donde la frecuencia óptica de la fuente se controla para proporcionar una señal de control de retroalimentación a la sección de control de fase del láser de semiconductor.
- 15 4. Una fuente óptica de acuerdo con la característica 3 donde el láser de semiconductor se modula directamente para producir datos ópticos.
5. Una fuente óptica de acuerdo con la característica 4, donde la longitud de onda de la fuente puede ajustarse utilizando un elemento de ajuste óptico.
- 20 6. Una fuente óptica de acuerdo con la característica 5, en la que el elemento de sintonización óptica está atómico para minimizar el cambio en la longitud de onda del filtro con la temperatura.
7. Una fuente óptica de acuerdo con la característica 3 en la que múltiples fuentes de láser semiconductoras están ópticamente acopladas a un filtro de longitud de onda múltiple.
- 25 8. Una fuente óptica de acuerdo con la característica 7, donde el filtro de longitud de onda múltiple se atermaliza para minimizar el cambio en la longitud de onda del filtro con la temperatura.
9. Una fuente óptica de acuerdo con la característica 8, en la que se inserta un filtro selectivo de longitud de onda en la trayectoria óptica entre los múltiples láseres semiconductores y el filtro de longitud de onda múltiple.
- 30 10. Una fuente óptica de acuerdo con las características 1-9 donde la corriente o voltaje aplicado a la sección de fase en el láser semiconductor se usa para compensar los cambios de frecuencia óptica producidos por las variaciones en la temperatura del chip láser.
- 35 11. Una fuente óptica de acuerdo con las características 1-10, donde se aplica un recubrimiento de película delgada a la cara del láser semiconductor para controlar la potencia óptica inyectada de vuelta al láser desde la sección de autoinyección filtrada.

40 Las realizaciones de la presente invención se han descrito con referencia particular a los ejemplos ilustrados. Sin embargo, se apreciará que pueden hacerse variaciones y modificaciones en los ejemplos descritos dentro del alcance de la presente invención como se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Una fuente óptica que comprende:

5 I) una sección de cavidad de láser dispuesta entre un primer reflector óptico y un segundo reflector óptico, la sección de cavidad de láser comprende:

A. una sección de ganancia óptica; y,

10 B. una sección de control de fase (2) óptica en comunicación óptica con la sección de ganancia, y configurada para poder cambiar la frecuencia de modo longitudinal de la fuente óptica;

y,

15 II) un filtro (4) óptico externo y en comunicación óptica con la sección de la cavidad del láser; en el que:

al menos uno de los primeros o segundos reflectores ópticos es un reflector óptico parcial; y, el filtro óptico está configurado para recibir luz láser desde uno de dichos al menos un reflector óptico parcial y filtrar dicha luz recibida; y,

20 la fuente óptica está configurada para introducir luz filtrada en uno de dichos al menos un reflector óptico parcial; y

caracterizado porque:

25 el filtro óptico comprende un filtro de película delgada óptico que comprende una respuesta de filtro de banda de paso; y,

la fuente óptica está configurada para cambiar la longitud de onda central de la respuesta de paso de banda del filtro óptico al cambiar el ángulo de incidencia que subtiende la luz láser de salida con el filtro de película delgada óptica.

30 2. Una fuente óptica de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la sección de control de fase (2) óptica es controlable independientemente de la sección de ganancia.

35 3. Una fuente óptica de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en la que cualquiera de las secciones de control de fase (2) óptica o de ganancia es controlable electrónicamente.

4. Una fuente óptica como se reivindica en cualquier reivindicación precedente, en la que la sección de control de fase (2) óptica y la sección de ganancia comprenden cada una un material semiconductor;

40 en el que el material semiconductor de la sección de fase óptica comprende un espacio de banda mayor que el material semiconductor de sección de ganancia.

5. Una fuente óptica de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en la que el primer reflector es un reflector parcial y está configurado para:

45 I) dar salida a una porción de la luz láser al filtro (4); y,

II) recibir la luz láser filtrada del filtro.

50 6. Una fuente óptica de acuerdo con la reivindicación 5, que comprende además un tercer reflector óptico externo a la sección de la cavidad del láser y configurado para:

I) recibir luz láser filtrada del filtro óptico (4); y,

55 II) reflejar la luz láser filtrada hacia el filtro óptico.

7. Una fuente óptica de acuerdo con la reivindicación 6, en la que:

60 el tercer reflector óptico refleja sustancialmente toda la luz filtrada de vuelta al filtro óptico (4); y, el segundo reflector óptico es un reflector óptico parcial configurado para transmitir una parte de la luz como una salida de la fuente óptica.

8. Una fuente óptica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes,

65 en las que:

I) el primer reflector es un reflector parcial y está configurado para emitir una parte de la luz láser al filtro (4); y,

II) el segundo reflector es un reflector parcial y está configurado para recibir una porción de la luz láser filtrada del filtro.

5 9. Una fuente óptica como se reivindica en cualquier reivindicación precedente, en la que el ancho medio máximo ancho de banda de filtro es menor que la separación de modo longitudinal de la luz láser.

10 10. Una fuente óptica como se reivindica en cualquier reivindicación precedente que comprende una pluralidad de dichas secciones de cavidad de láser, en donde el filtro (4) óptico comprende un filtro óptico de múltiples longitudes de onda que comprende una pluralidad de paso de banda ópticas.

11. Una fuente óptica de acuerdo con la reivindicación 10, en la que:

15 I) el filtro (4) está configurado para recibir luz desde una pluralidad de trayectorias de luz separadas físicamente, en donde cada una de dichas trayectorias de luz está asociada con una banda de paso óptica diferente; y,

20 II) cada una de la pluralidad de secciones de cavidad de láser está en comunicación óptica con una trayectoria de luz diferente.

12. Una fuente óptica de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en la que el filtro (4) óptico comprende medios de atermalización.

25 13. Una fuente óptica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el láser está atómico.

14. Una fuente óptica como se reivindicó en la reivindicación 12, en la que los medios de atermalización comprenden cualquiera de los cambios mecánicos, térmicos o de índice de refracción inducidos por estrés en el filtro (4).

30 15. Una fuente óptica como se reivindicó en cualquier reivindicación precedente, en la que cualquiera de la sección de la cavidad del láser, el filtro (4) óptico y cualquier tercer reflector están conectados ópticamente al menos parcialmente mediante propagación de luz en el espacio libre.

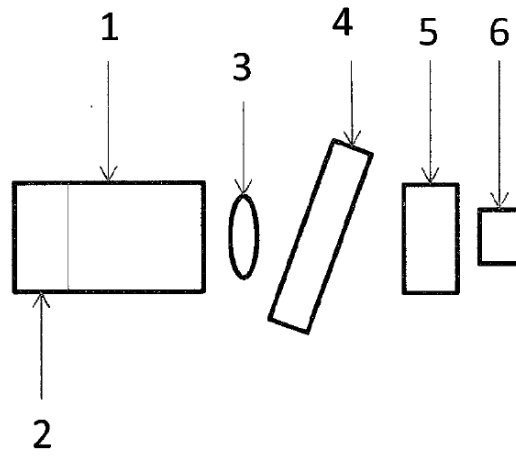


Fig. 1

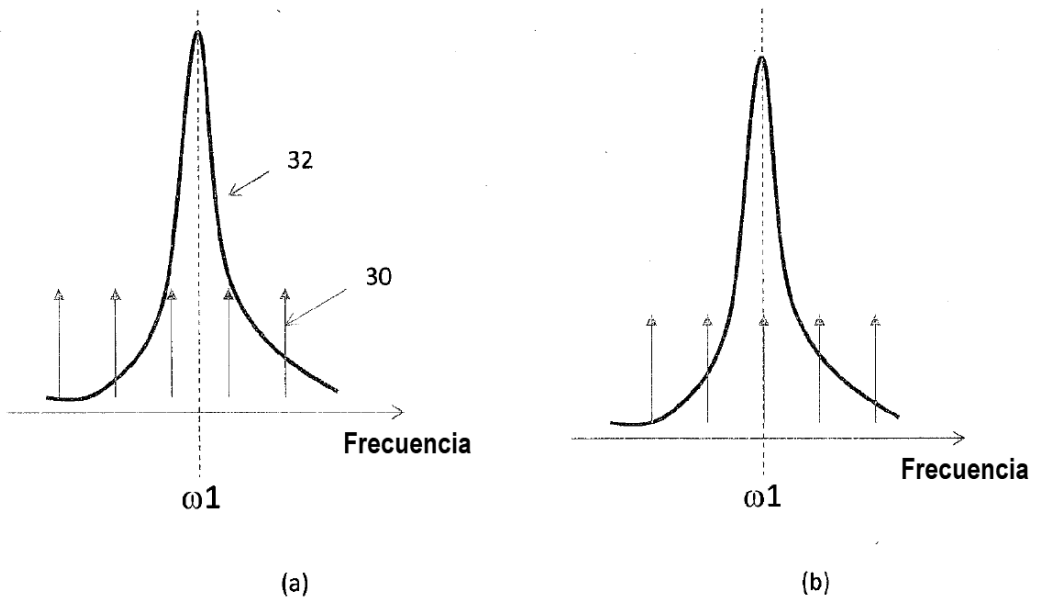


Fig. 2

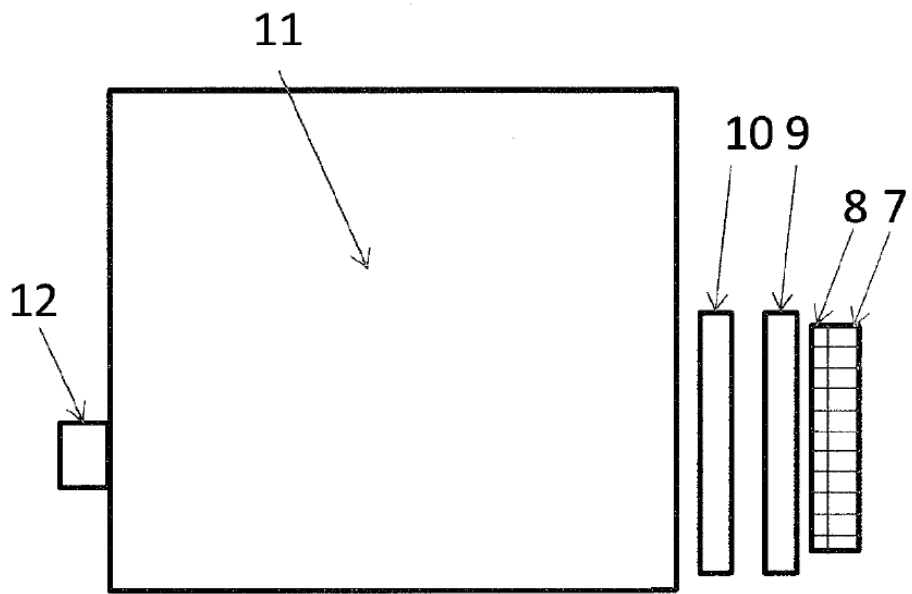


Fig. 3

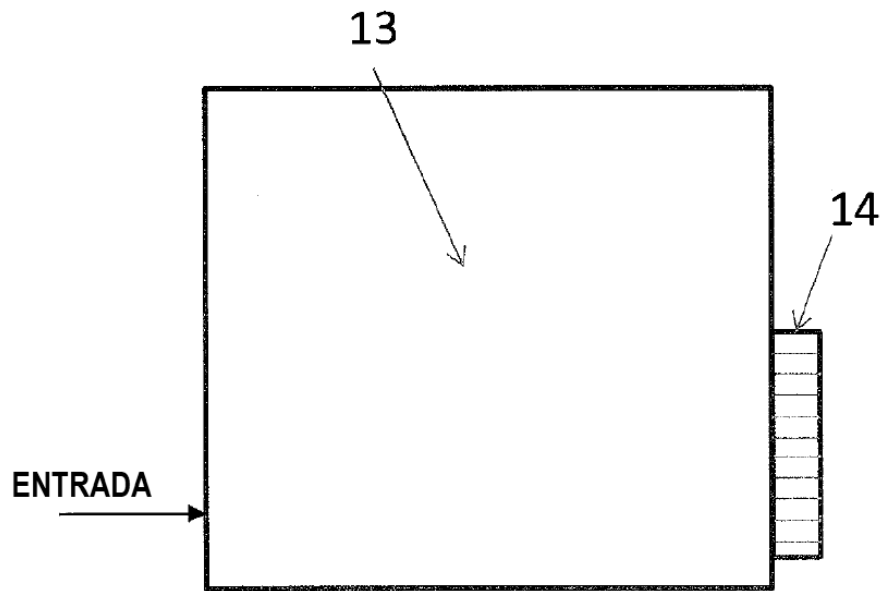


Fig. 4

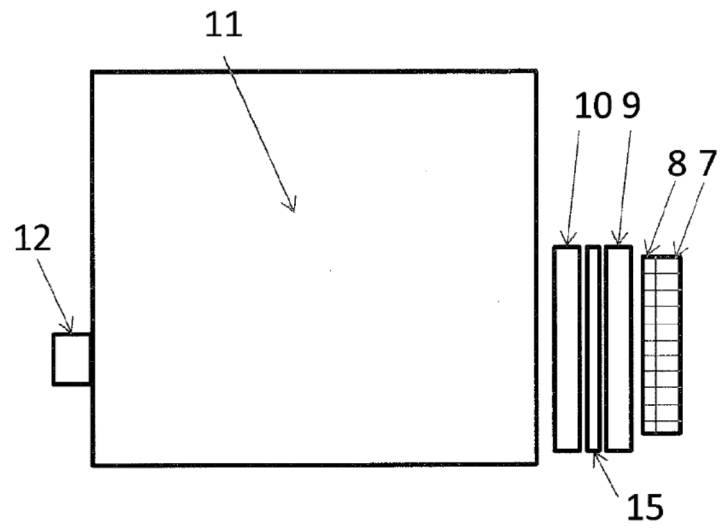


Fig. 5

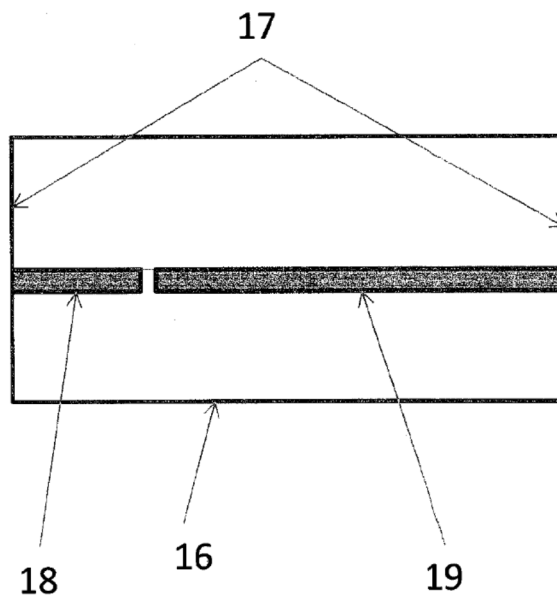


Fig. 6