

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 021 132**

21 Número de solicitud: 202330970

51 Int. Cl.:

G02B 5/18 (2006.01)

G02B 6/10 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

23.11.2023

43 Fecha de publicación de la solicitud:

26.05.2025

71 Solicitantes:

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA (100.00%)

Avda. Cervantes, 2

29071 Málaga (Málaga) ES

72 Inventor/es:

SÁNCHEZ POSTIGO, Alejandro;

ORTEGA MOÑUX, Alejandro;

WANGÜEMERT PÉREZ, Juan Gonzalo;

MOLINA FERNÁNDEZ, Íñigo;

HALIR, Robert;

LUQUE GONZÁLEZ, José Manuel y

HADIJ EL HOUATI, Abdelfettah

74 Agente/Representante:

ELION IP, S.L.

54 Título: **ACOPLADOR DE REJILLA POR SUPERFICIE APTO PARA DISPOSITIVOS FOTÓNICOS, MÉTODO ASOCIADO Y CONJUNTO CON ACOPLADOR DE REJILLA POR SUPERFICIE**

57 Resumen:

Un acoplador de rejilla por superficie que comprende: un sustrato, una rejilla sub longitud de onda, y un prisma adyacente a la rejilla sub longitud de onda. La rejilla sub longitud de onda comprende un patrón de material núcleo que se extiende bidimensionalmente formado por dos o más pluralidades de porciones de material núcleo teniendo, en una dirección transversal a la de propagación y adyacente/s una/s a otra/s, al menos una primera pluralidad de porciones y al menos una segunda pluralidad de porciones que se extienden en la dirección de propagación; cada par de porciones vecinas de las primera y segunda pluralidades de porciones está separada una primera distancia y una segunda distancia en la dirección de propagación, respectivamente; y la segunda pluralidad de porciones está dispuesta de tal manera que al menos las porciones desde la segunda hasta la penúltima en la dirección de propagación estarían respectivamente dentro de la separación entre porciones vecinas de cada primera pluralidad de porciones si las primera y segunda pluralidades de porciones compartiesen posición en la dirección transversal. Además, un conjunto que comprende el acoplador de rejilla por superficie, y un método asociado al acoplador de rejilla por superficie.

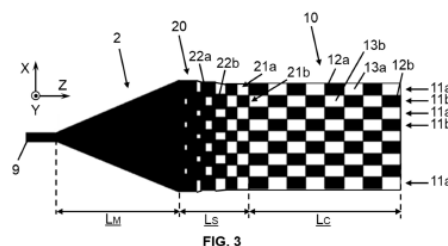


FIG. 3

DESCRIPCIÓN**ACOPLADOR DE REJILLA POR SUPERFICIE APTO PARA DISPOSITIVOS FOTÓNICOS,**
MÉTODO ASOCIADO Y CONJUNTO CON ACOPLADOR DE REJILLA POR SUPERFICIE

5

SECTOR DE LA TÉCNICA

La presente invención se refiere al campo técnico de la fotónica. Más concretamente, la presente invención se refiere al acoplo de luz entre dispositivos fotónicos que se caracterizan por tamaños de modo distintos, donde el tamaño de modo del dispositivo fotónico al que se acopla la luz es diferente al del dispositivo fotónico del que proviene la luz.

10

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

15

Uno de los problemas más importantes en óptica integrada es el acoplo inefectivo de luz entre dispositivos fotónicos debido a la diferencia de tamaño del modo de un dispositivo fotónico respecto de otro; por ejemplo, el acoplo de luz de dispositivos tales como fibras ópticas a dispositivos tales como guías de onda integradas en chips, especialmente los de silicio sobre aislante (comúnmente denominado SOI por sus siglas en inglés; silicon-on-insulator), cuyo uso está muy extendido, requiere de acopladores y/o técnicas de acoplo que permitan adaptar el tamaño de modo de un dispositivo al del otro dispositivo para un acoplo satisfactorio. El acoplo de luz debe ser, preferiblemente, para un ancho de banda adecuado, con bajas pérdidas de potencia óptica y con baja dispersión de longitud de onda.

20

25

Algunos de los acopladores que se emplean típicamente son los acopladores de rejilla por superficie y los acopladores de borde o por canto. Ambos tipos de acopladores, no obstante, presentan limitaciones. Los acopladores de borde o por canto, por ejemplo, tienen un buen ancho de banda, pero requieren que el dispositivo al que se acopla la luz disponga de una conexión de tipo faceta pulida, esto es, con pulido del canto del chip, y deben situarse en el borde del chip, lo que impone restricciones en el enrutamiento de la guía de onda. Los acopladores de rejilla por superficie son más versátiles en cuanto a su posicionamiento en el chip, pero tienen unas prestaciones peores. En este sentido, la eficiencia de acoplamiento de los acopladores de rejilla por superficie suele ser menor de -2,2 dB debido a la poca direccionalidad en la dirección de radiación para acoplamiento,

30

35

que es hacia arriba, y también debido al mal solapamiento entre el campo radiado y el modo fundamental de la fibra óptica; por otra parte, el ancho de banda a 1 dB suele estar por debajo de 50 nm.

- 5 Precisamente para mejorar la eficiencia de acoplamiento de los acopladores de rejilla por superficie, se han diseñado técnicas que intentan mejorar ambos factores, como aumentar la direccionalidad reduciendo reflexiones hacia el sustrato y hacia atrás y maximizar el solapamiento, así como mejorar el ancho de banda a 1 dB utilizando, por ejemplo, metamateriales basados en rejillas sub longitud de onda (comúnmente
- 10 denominado SWG por sus siglas en inglés; subwavelength grating) como en Yun Wang, Wei Shi, Xu Wang, Zeqin Lu, Michael Caverley, Richard Bojko, Lukas Chrostowski, and Nicolas A. F. Jaeger, "Design of broadband subwavelength grating couplers with low back reflection," Opt. Lett. 40, 4647-4650 (2015).
- 15 Pese a estos intentos por mejorar el acoplamiento de luz, sigue siendo necesario el desarrollo de nuevos acopladores o nuevas técnicas de acoplamiento para acoplo de luz entre dispositivos tales como fibras ópticas y guías de ondas integradas en chips que mejoren las prestaciones de las soluciones descritas en el estado de la técnica. La versatilidad de los acopladores de rejilla por superficie son una ventaja deseable, aunque
- 20 es necesario mejorar las prestaciones de dichos acopladores.

DESCRIPCIÓN GENERAL

- Un primer aspecto de la invención se refiere a un acoplador de rejilla por superficie. El
- 25 acoplador de rejilla por superficie comprende: un sustrato, una primera rejilla sub longitud de onda (es decir, un primer SWG) de material núcleo sobre el sustrato en al menos una porción del sustrato en su longitud, y un prisma adyacente a al menos una porción de la primera rejilla sub longitud de onda.
- 30 La longitud del sustrato está definida según una dirección de propagación de ondas de luz en el acoplador de rejilla por superficie. La primera rejilla sub longitud de onda comprende un patrón de material núcleo que se extiende bidimensionalmente según la dirección de propagación y una dirección transversal a la dirección de propagación. El patrón de material núcleo de la primera rejilla sub longitud de onda está formado por
- 35 múltiples pluralidades de porciones de material núcleo teniendo, en la dirección transversal y adyacente/s una a otra o unas a otras, al menos una primera pluralidad de

porciones y al menos una segunda pluralidad de porciones, extendiéndose cada una de las primera y segunda pluralidades de porciones en la dirección de propagación. Cada par de porciones vecinas de la primera pluralidad de porciones está separada una primera distancia en la dirección de propagación. Cada par de porciones vecinas de la segunda pluralidad de porciones está separada una segunda distancia en la dirección de propagación. La segunda pluralidad de porciones está dispuesta de tal manera que al menos las porciones desde la segunda hasta la penúltima en la dirección de propagación estarían respectivamente dentro de la separación entre porciones vecinas de cada primera pluralidad de porciones si las primera y segunda pluralidades de porciones compartiesen posición en la dirección transversal.

El acoplador de rejilla por superficie descrito presenta una eficiencia de acoplamiento y un ancho de banda superiores a los anteriormente mencionados pues, por ejemplo, se puede llegar a conseguir una eficiencia de acoplamiento de hasta -0,6 dB y un ancho de banda a 1 dB de hasta 375 nm. A tal fin, el acoplador incluye una guía de ondas basada en SWG que presenta el patrón bidimensional descrito. El prisma adyacente a la guía de ondas permite la salida del modo propagado a través de dicho prisma, radiándolo así hacia otro dispositivo desde el primer SWG.

El primer SWG incluye el patrón dimensional diseñado de tal manera que dicho SWG se comporta como un metamaterial homogéneo. Más concretamente, el patrón del primer SWG tiene unas pluralidades de porciones tales que las periodicidades de las mismas son sub longitud de onda para una luz a acoplar haciendo así que el primer SWG sea lo menos difractivo posible, preferiblemente nada difractivo. Las periodicidades se definen en función de la longitud, según la dirección de propagación, de una porción de material y una porción de espacio sin material, es decir, la longitud que hay desde que se inicia una porción de material hasta que se inicia la siguiente porción de material dentro de la misma pluralidad de porciones. Tal diseño del patrón impone que la radiación sea de orden cero y, por tanto, el ángulo de radiación θ se describe según la siguiente ecuación:

$$\theta(\lambda) = \arcsin \left[\frac{n_B(\lambda)}{n_P(\lambda)} \right]$$

donde λ es una longitud de onda de la luz a propagar por el acoplador de rejilla por superficie, n_B es la parte real del índice efectivo del modo Bloch–Floquet que soporta el primer SWG, y n_P es el índice de refracción del material al que se acopla la luz, que es el del prisma del acoplador de rejilla por superficie y que, en realizaciones preferidas, tiene un valor lo más alto posible para ser mucho mayor que n_B . En el acoplador de rejilla por

superficie de la presente invención, el índice efectivo del modo Bloch-Floquet tiene poca dependencia con la longitud de onda y, así, el ángulo de radiación θ también tiene poca dependencia con la longitud de onda.

- 5 Un segundo aspecto de la invención se refiere a un conjunto que comprende el acoplador de rejilla por superficie según el primer aspecto de la invención, y una fibra óptica adyacente al prisma del acoplador de rejilla por superficie, pudiendo existir una separación entre la fibra óptica y el prisma.
- 10 Un tercer aspecto de la invención se refiere a un método. El método al menos comprende las siguientes etapas: disponer una primera rejilla sub longitud de onda de material núcleo sobre un sustrato en al menos una porción del sustrato en su longitud para producir un acoplador de rejilla por superficie; disponer un prisma adyacente a al menos una porción de la primera rejilla sub longitud de onda; y radiar al menos una onda de luz mediante el
- 15 acoplador de rejilla por superficie acoplando la al menos una onda de luz en una entrada del acoplador de rejilla por superficie y propagando la al menos una onda de luz por al menos parte de una longitud de la primera rejilla sub longitud de onda, es decir, se consigue realizar la radiación de dicha al menos una onda de luz gracias al acoplador al inyectarla en un puerto de entrada del mismo y propagarla por la primera rejilla sub
- 20 longitud de onda o parte de dicha primera rejilla.

El método presenta características del acoplador de rejilla por superficie según se ha descrito en el primer aspecto de la invención. Por lo tanto, en el método además se da lo siguiente. La longitud del sustrato está definida según una dirección de propagación de

25 ondas de luz en el acoplador de rejilla por superficie. La primera rejilla sub longitud de onda comprende un patrón de material núcleo que se extiende bidimensionalmente según la dirección de propagación y una dirección transversal a la dirección de propagación. El patrón de material núcleo de la primera rejilla sub longitud de onda está formado por múltiples pluralidades de porciones de material núcleo teniendo, en la dirección

30 transversal y adyacente/s una a otra o unas a otras, al menos una primera pluralidad de porciones y una segunda pluralidad de porciones, extendiéndose cada una de las primera y segunda pluralidades de porciones en la dirección de propagación; cada par de porciones vecinas de la primera pluralidad de porciones está separada una primera distancia en la dirección de propagación; cada par de porciones vecinas de la segunda

35 pluralidad de porciones está separada una segunda distancia en la dirección de propagación; y la segunda pluralidad de porciones está dispuesta de tal manera que al

menos las porciones desde la segunda hasta la penúltima en la dirección de propagación están respectivamente dentro de la separación entre porciones vecinas de cada primera pluralidad de porciones si las primera y segunda pluralidades de porciones compartiesen posición en la dirección transversal.

5

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, se acompaña, como parte integrante de dicha descripción, un juego de dibujos en donde, con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

Figura 1.- Muestra una vista en perspectiva de un acoplador de rejilla por superficie de acuerdo con algunas realizaciones.

15 Figura 2.- Muestra una vista en sección de un conjunto con un acoplador de rejilla por superficie de acuerdo con algunas realizaciones.

Figuras 3, 4, 5, 6, 7 y 8.- Muestran parcialmente, desde una vista superior, acopladores de rejilla de acuerdo con algunas realizaciones.

20 DESCRIPCIÓN DETALLADA

El acoplador de rejilla por superficie 1 de la presente divulgación al menos incluye un sustrato 2, una primera rejilla sub longitud de onda 10 (primer SWG 10) sobre el sustrato 2, concretamente sobre una capa aislante 3 como, por ejemplo, dióxido de silicio u óxido enterrado (comúnmente denominado BOX por sus siglas en inglés; buried oxide), y un prisma 4 adyacente a al menos una porción del primer SWG 10, como se puede observar, por ejemplo, en las realizaciones de las Figuras 1 y 2.

El primer SWG 10 incluye un patrón de material núcleo 7 que se extiende bidimensionalmente por medio de dos o más pluralidades de porciones de material núcleo 7. Con referencia a las Figuras 1 y 2, las dos dimensiones del patrón corresponden a los ejes X y Z, siendo el eje Z la dirección de propagación de ondas de luz en el acoplador de rejilla por superficie 1, y el eje X una dirección transversal a esta; obviamente, los bloques de material núcleo 7 del patrón tienen una tercera dimensión, correspondiente al eje Y, que determina la altura de los bloques de material núcleo. En lo sucesivo, los términos porciones y bloques se utilizan indistintamente. Las dos o más pluralidades de

bloques incluyen una o más primeras pluralidades de porciones o bloques 11a, que en lo sucesivo también se denominarán pluralidades de porciones o bloques impares 11a en aras de la claridad, y una o más segundas pluralidades de porciones o bloques 11b, que en lo sucesivo también se denominarán pluralidades de porciones o bloques pares 11b en aras de la claridad. Cada pluralidad de bloques par 11b está dispuesta adyacente a una o dos pluralidades de bloques impares 11a, e igualmente cada pluralidad de bloques impar 11a está dispuesta adyacente a una o dos pluralidades de bloques pares 11b. En realizaciones preferidas, hay dos o más pluralidades de bloques impar 11a, y/o dos o más pluralidades de bloques par 11b.

Las pluralidades de bloques 11a, 11b incluyen, cada una, múltiples porciones 12 de material núcleo distanciadas entre sí según la dirección de propagación, es decir, según el eje Z ilustrado. Así, entre cada par de porciones 12a vecinas de cada pluralidad de porciones 11a impar hay una separación 13a, denominada primera distancia o d_1 , y entre cada par de porciones 12b vecinas de cada pluralidad de porciones 11b par hay también una separación 13b, denominada segunda distancia o d_2 . En algunas realizaciones, d_1 es igual a d_2 . En los espacios entre porciones 12 queda un hueco que puede dejar expuesta la capa aislante 3, o que puede rellenarse con un material aislante como, por ejemplo, epoxi o dióxido de silicio.

Cada una de la una o más pluralidades de porciones pares 11b está dispuesta en el patrón del primer SWG 10 de tal manera que al menos sus porciones 12 desde la segunda hasta la penúltima (aunque podría ser también la primera y/o la última) en la dirección de propagación estarían respectivamente dentro de la separación 13, correspondiente a la primera distancia (d_1), entre porciones 12 vecinas de cada una de las una o más pluralidades de porciones impares 11a si las primera y segunda pluralidades de porciones 11a, 11b compartiesen posición en la dirección transversal. Preferiblemente, lo mismo ocurre viceversa, es decir, cada una de la una o más pluralidades de porciones impares 11a está dispuesta en el patrón del primer SWG 10 de tal manera que al menos sus porciones 12 desde la segunda hasta la penúltima (aunque podría ser también la primera y/o la última) en la dirección de propagación estarían respectivamente dentro de la separación 13, correspondiente a la segunda distancia (d_2), entre porciones 12 vecinas de cada una de las una o más pluralidades de porciones pares 11b si las pluralidades de porciones impares y pares 11a, 11b compartiesen posición en la dirección transversal. Esto se observa, por ejemplo, en la Figura 4, donde a título ilustrativo se muestra con sombreado cómo las porciones 12b' de una pluralidad de porciones par 11b estarían en

las separaciones entre porciones vecinas de una pluralidad de porciones impar 11a en caso de que la pluralidad de porciones par 11b estuviese en la misma posición que la pluralidad de porciones impar 11a en el eje X. También se observa, por ejemplo, en la Figura 5, donde se muestran con borde discontinuo varias porciones 12b' de una pluralidad de porciones impar 11b que estarían dentro del espacio entre porciones vecinas de una pluralidad de porciones par 11a si estuviesen en la misma posición transversal. Con relación a la Figura 4, se puede ver que, en este ejemplo, las porciones que definen el inicio del primer SWG 10 (la parte más a la izquierda del primer SWG 10, es decir, con menor coordenada Z) son las de las pluralidades de porciones impares 11a, por lo que también las primeras porciones de las pluralidades de porciones pares 11b estarían dentro de las separaciones 13 de las porciones de las pluralidades de porciones impares 11a pero no viceversa. En el mismo ejemplo, las últimas porciones de las pluralidades de porciones impares 11a igualmente estarían dentro de las separaciones 13 de las porciones de las pluralidades de porciones pares 11b, pero no viceversa puesto que las porciones que definen el final del primer SWG 10 (la parte más a la derecha del primer SWG 10, es decir, con mayor coordenada Z) son las de las pluralidades de porciones pares 11b. Las porciones de inicio y fin del primer SWG 10 podrían ser a la inversa: las porciones de las pluralidades de porciones impares 11b al inicio y las de las pluralidades de porciones pares 11a al final. Aparte, en otros ejemplos, como en los de las Figuras 5 y 7, unas mismas pluralidades de porciones, ya sean pares o impares, definen el inicio y el fin del primer SWG 10, en cuyo caso las primeras y las últimas porciones de las otras pluralidades de porciones también estarían dentro de las separaciones 13 si ambas pluralidades de porciones compartiesen posición transversal.

Con relación a la anterior, puede observarse, por ejemplo, en las realizaciones de la Figura 6, que la posición según la dirección de propagación de bloques de una pluralidad de bloques, en este caso los de la pluralidad de bloques par 11b, puede ser distinta dentro de cada respectiva separación 13a. Así, algunos bloques están más próximos al bloque anterior (hacia la izquierda del primer SWG 10) que al bloque siguiente (hacia la derecha del primer SWG 10), según la dirección de propagación, de la otra pluralidad de bloques, mientras que otros bloques están más próximos al bloque siguiente que al bloque anterior. A pesar de no estar ilustrado, lo mismo puede suceder en la dirección transversal.

Cada porción de la segunda pluralidad de bloques par tiene una longitud L_2 , según la dirección de propagación, menor o igual a la primera distancia, d_1 , por lo que no se produce solapamiento entre porciones de bloques de pluralidades pares e impares si

compartiesen posición en la dirección transversal. Cuando $L_2=d_1$, podría existir contacto entre bordes en ambos lados (según la dirección de propagación) de bloques en el caso de que las pluralidades pares e impares estuviesen en la misma posición según la dirección transversal, mientras que si $L_2<d_1$, puede haber contacto o no en uno de los

5 lados de los bloques si compartiesen posición transversal. La elección de L_2 a partir de d_1 , particularmente si es igual o menor, puede realizarse en función de la precisión de la técnica de fabricación empleada para el primer SWG, o del valor de periodicidad o ciclo de trabajo deseado para el acoplador de rejilla por superficie 1 en cuestión. La fabricación del acoplador de rejilla por superficie puede ser más económica si L_2 es menor que d_1 , si

10 bien las prestaciones en cuanto a la eficiencia de acoplo y ancho de banda son generalmente superiores cuanto más próximo está L_2 de d_1 , lo cual es igualmente aplicable a $L_1\geq d_2$. A este respecto, se ha observado que cuanto más próximo es el valor de longitud al de distancia de separación, menor es el índice efectivo del modo en el primer SWG 10. Asimismo, también cuanto más próximo es el valor de longitud al de

15 distancia de separación menor es la dispersión de la longitud de onda y, por tanto, mayor es el ancho de banda, si bien puede no ser siempre preferible incrementar el ancho de banda excesivamente ya que ello puede provocar que la radiación con perfil de campo Gaussiano sea menor. Las longitudes L_1 , L_2 y las distancias d_1 , d_2 no necesariamente tienen que ser constantes a lo largo del primer SWG 10; así, por ejemplo, en realizaciones

20 como las de la Figura 8, puede haber variación en las longitudes y/o distancias de una o ambas pluralidades de bloques impares 11a y pares 11b, que en el caso concreto de la Figura 8 existen mayores longitudes y distancias en los pares de bloques más próximos al final del primer SWG 10 (la parte más a la derecha del primer SWG 10).

25 En algunas realizaciones como, por ejemplo, las de la Figura 5, cada par de primeras pluralidades de bloques impares 11a vecinas en la dirección transversal están separadas una distancia $d_{w,1}$ igual o mayor que una anchura W_2 de las porciones de la pluralidad de bloques pares 11b según la dirección transversal. La elección de $d_{w,1}$ respecto a W_2 , particularmente si es igual o mayor, también puede realizarse por los mismos criterios

30 antes explicados sobre L_2 ; por medio de estos valores, se puede ajustar el tamaño mínimo de motivo (es decir, de porción y/o de distancia) del primer SWG 10 y facilitar así su fabricación en masa con técnicas como litografía de ultravioleta profundo. Esto es igualmente aplicable a la anchura de los bloques de las pluralidades de bloques impares 11a y la distancia entre pluralidades de bloques impares 11a según la dirección

35 transversal. Igualmente hay realizaciones que tienen distancias $d_{w,1}$, $d_{w,2}$ y anchuras W_1 , W_2 en las pluralidades de bloques impares 11a y/o pares 11b, como en la Figura 8, donde

los bloques de las pluralidades de bloques impares 11a tienen una anchura W_1 , y los bloques de las pluralidades de bloques pares 11b tienen anchuras W_2 y W_3 .

En algunas realizaciones, las porciones de cada pluralidad de porciones impar 11a tienen la misma geometría bidimensional según las direcciones de propagación y transversal; y/o las porciones de la segunda pluralidad de porciones par 11b tienen la misma geometría bidimensional según las direcciones de propagación y transversal. Opcionalmente, la geometría bidimensional de las porciones de las pluralidades de porciones impares y pares 11a, 11b es la misma. Por ejemplo, en algunas realizaciones, la geometría bidimensional de las porciones de la/s primera/s pluralidad/es de porciones 11a y/o de las porciones de la/s segunda/s pluralidad/es de porciones 11b es cuadrada o rectangular, como en las Figuras 1, 3 y 4, incluyendo geometría bidimensional rectangular sin esquinas (esto es, con cantos redondeados), como en la Figura 8, mientras que en algunas otras realizaciones es elíptica, como en la Figura 5. En realizaciones como las de la Figura 7 cada pluralidad de porciones 11a, 11b tiene su propia geometría bidimensional. La geometría bidimensional de las porciones tiene impacto en la eficiencia de acoplo y el ancho de banda; puede establecerse un compromiso entre estos parámetros y la complejidad de fabricación del acoplador de rejilla por superficie 1 o de la precisión de la técnica de fabricación para utilizar una geometría u otra. Por ejemplo, las geometrías elípticas tienden a tener un proceso de fabricación más sencillo que las de las geometrías cuadradas o rectangulares; generalmente, las geometrías cuadradas tienden a ser también más sencillas de fabricar que las geometrías rectangulares. Las geometrías rectangulares, en cambio, generalmente logran proporcionar un mayor ancho de banda que puede conseguirse, por ejemplo, por tener una menor dispersión en comparación con otras geometrías.

En algunas realizaciones, las porciones de la/s primera/s pluralidad/es de porciones 11a tienen una longitud L_1 según la dirección de propagación igual, y una anchura W_1 según la dirección transversal igual; y/o las porciones de la/s segunda/s pluralidad/es de porciones 11b tienen una longitud L_2 según la dirección de propagación igual, y una anchura W_2 según la dirección transversal igual. Opcionalmente, la longitud L_1 , L_2 de las porciones de las primeras y segundas pluralidades de porciones 11a, 11b son las mismas y/o la anchura W_1 , W_2 de las porciones de las primera/s y segunda/s pluralidades de porciones 11a, 11b son las mismas.

En algunas realizaciones como, por ejemplo, las de las Figuras 1, 3-7, la primera distancia, d_1 , es igual a la segunda distancia, d_2 .

En algunas realizaciones, las primeras y segundas pluralidades de porciones 11a, 11b
5 están dispuestas de tal manera que al menos las porciones 12a desde la segunda hasta la penúltima en la dirección de propagación de una o más segundas pluralidades de porciones 11a desde la segunda hasta la penúltima en la dirección transversal tienen un único punto de contacto con cuatro porciones 12b de las primeras pluralidades de porciones 11b. Es decir, se puede diseñar el primer SWG 10 de tal manera que varias
10 porciones 12 de las pluralidades de porciones pares 11b, así como de las impares 11a, estén rodeadas por porciones 12 de pluralidades de porciones impares 11a (o pares 11b en el caso de tratarse de las porciones 12 de las pluralidades de porciones impares 11a), de tal manera que el único punto de contacto con las porciones 12b es en puntos del contorno, opcionalmente las esquinas sobre dicho contorno, de cada porción 12. Así,
15 puede generarse un patrón de tipo tablero de ajedrez, con porciones 12 con geometría bidimensional cuadrada, rectangular o incluso elíptica, entre otras.

En algunas realizaciones como, por ejemplo, las de las Figuras 2 y 3, el adaptador de rejilla 1 además incluye una segunda rejilla sub longitud de onda 20 (es decir, un segundo
20 SWG 20) contigua al primer SWG 10; en aras de la claridad, se identifica el segundo SWG 20 más fácilmente por medio de la longitud L_s ilustrada en las Figuras 2 y 3. El segundo SWG 20 comprende un patrón de material núcleo 7 que se extiende bidimensionalmente según la dirección de propagación y la dirección transversal y está formado por múltiples pluralidades de porciones 22 de material núcleo teniendo, en la dirección transversal y
25 adyacentes entre sí, al menos una tercera pluralidad de porciones 21a y al menos una cuarta pluralidad de porciones 21b, extendiéndose cada una de las tercera y cuarta pluralidades de porciones 21a, 21b en la dirección de propagación. Este segundo SWG 20 ayuda a adaptar el modo que se propaga por el acoplador de rejilla por superficie 1, ya sea desde un puerto 9 que sirve de entrada hacia el primer SWG 10, como al revés,
30 del primer SWG 10 hacia el puerto 9 que sirve de salida. En ausencia del segundo SWG, el acoplador de rejilla por superficie 1 puede tener el puerto 9 conectado de cualquier manera conocida en el arte al primer SWG 10, preferiblemente por medio de un adaptador de modo 6.

35 En algunas realizaciones como, por ejemplo, las de las Figuras 2 y 3, cada par de bloques 22a vecinos de la/s tercera/s pluralidad/es de bloques 21a está separado una distancia

en la dirección de propagación que es mayor para cada par de bloques 22a vecinos más próximos al primer SWG 10. Cada par de bloques 22b vecinos de la/s cuarta/s pluralidad/es de bloques 21b está separado una distancia en la dirección de propagación que es mayor para cada par bloques 22b vecinos más próximos al primer SWG 10. Los
 5 bloques 22b de la/s cuarta/s pluralidad/es de bloques 21b tienen una parte en contacto con bloques 22a de la/s tercera/s pluralidad/es de bloques 21a y otra parte en contacto con separaciones entre bloques 22a vecinos de la/s tercera/s pluralidad/es de bloques 21a. Y los bloques 22a de la/s tercera/s pluralidad/es de bloques 21a tienen una parte en contacto con bloques 22b de la/s cuarta/s pluralidad/es de bloques 21b y otra parte en
 10 contacto con separaciones entre bloques 22b vecinas de la/s cuarta/s pluralidad/es de bloques 21b.

En algunas realizaciones como, por ejemplo, las de la Figura 3, las porciones 22a de cada tercera pluralidad de porciones 21a tienen una longitud según la dirección de propagación
 15 y/o una anchura según la dirección transversal que es menor para porciones 22a más próximas a la primera rejilla sub longitud de onda 10; y/o las porciones 22b de la cada cuarta pluralidad de porciones 21b tienen una longitud según la dirección de propagación y/o una anchura según la dirección transversal que es menor para porciones 21b más próximas a la primera rejilla sub longitud de onda 10. Es decir, la longitud de las porciones
 20 se va haciendo más corta y/o la anchura de las porciones se va haciendo más estrecha a medida que la porción correspondiente está más cerca de un lado adyacente al primer SWG 10 que a un lado opuesto; no obstante, no es necesario que a cada porción más próxima a un lado o a otro haya un cambio de longitud y/o de anchura. El ajuste de la
 25 longitud y/o anchura de esta manera mejora la adaptación del modo desde el puerto 9 hasta su propagación al primer SWG 10, y viceversa, permitiendo por tanto que haya menores pérdidas de potencia óptica.

Tal como sucede con las porciones del primer SWG 10 en algunas realizaciones, las porciones 22a de la/s tercera/s pluralidad/es de porciones 21a pueden tener la misma
 30 geometría bidimensional según las direcciones de propagación y transversal y/o las porciones 22b de la/s cuarta/s pluralidad/es de porciones 21b tienen la misma geometría bidimensional según las direcciones de propagación y transversal en algunas realizaciones. De hecho, la geometría bidimensional de las porciones 22a, 22b de las tercera/s y cuarta/s pluralidades de porciones es la misma en algunas realizaciones.

35

El segundo SWG 20 tiene, en algunas realizaciones, una anchura según la dirección transversal mayor en un extremo o lado que en un extremo o lado opuesto, mientras que en otras realizaciones tales anchuras son iguales a ambos extremos o lados. El extremo o lado con la anchura menor es, en algunas realizaciones, el contiguo al primer SWG 10, mientras que en otras realizaciones es el lado opuesto y no contiguo al primer SWG 10. Los cambios de anchura del segundo SWG 20, de haberlos, y que preferiblemente se realizan de manera progresiva según la longitud L_S del segundo SWG 20, ayudan a la adaptación del modo.

- 10 En algunas realizaciones, el adaptador de rejilla 1 además incluye un adaptador modal 6 dispuesto entre el puerto 9 o entrada del acoplador de rejilla por superficie 1 y la primera rejilla sub longitud de onda 10; en aras de la claridad, se identifica el adaptador modal 6 más fácilmente por medio de la longitud L_M ilustrada en las Figuras 2, 3 y 8. La anchura del adaptador modal 6 en la dirección transversal puede ser, en algunas realizaciones, mayor en un extremo o lado más próximo a la primera rejilla sub longitud de onda 10 que en un extremo o lado opuesto, es decir, en el extremo o lado más próximo al puerto 9.

- 20 En algunas realizaciones en las que el acoplador de rejilla por superficie 1 incluye el segundo SWG 20, preferiblemente un extremo del adaptador modal 6 está conectado al puerto 9 o entrada del acoplador de rejilla por superficie 1 y otro extremo del adaptador modal 6 está conectado al segundo SWG 20, como en las Figura 2 y 3. En realizaciones en las que el acoplador no incluye el segundo SWG 20, preferiblemente un extremo del adaptador modal 6 está conectado al puerto 9 o entrada del acoplador de rejilla por superficie 1 y otro extremo del adaptador modal 6 está conectado al primer SWG 10, como en la Figura 8.

- 30 La eficiencia de acoplo del acoplador de rejilla por superficie 1 puede ser superior por estar el prisma 4 dispuesto, en algunas realizaciones, de tal manera que forma un ángulo θ , respecto al primer SWG 10 tal que: $\theta = \arctan(T/L_C) \pm 10\%$, donde T es la distancia entre el prisma 4 y una primera porción 22a, 22b de una de las pluralidades de porciones impares o pares 21a, 21b que está más próxima a un puerto 9 o entrada del acoplador de rejilla por superficie 1, y L_C es la longitud del primer SWG 10 en la dirección de propagación, tal como se ilustra en las Figuras 2 y 3. La separación entre el primer SWG 10 y el prisma 6 inclinada de tal manera que la separación se hace menor a medida que se avanza en la dirección de propagación hace que se puede llegar a radiar un perfil de campo casi Gaussiano con un nivel de superposición de hasta 95%; en algunas

realizaciones, el prisma 6 está en contacto con el primer SWG 10 al menos en un extremo del primer SWG 10 más alejado al puerto 9 o entrada del acoplador de rejilla por superficie 1. Dicha separación puede ser por medio de un medio tal como aire o, como en algunas realizaciones, ser provocado por la inclusión, en el adaptador de rejilla 1, de una cubierta entre al menos una porción del primer SWG 10 y el prisma 6. Igualmente, en algunas realizaciones, el prisma 4 puede incluir un recubrimiento 5 antirreflectante para reducir o evitar reflexiones en la interfaz entre el prisma 4 y el aire.

El ángulo de radiación, θ , puede ser configurado también por medio de las características del prisma 6, por ejemplo, el ángulo β . Así, el ángulo de radiación θ puede cumplir lo siguiente: $\theta = \beta + \phi$. Cuando se dispone de, por ejemplo, una fibra óptica 30, como en el conjunto 40 de la Figura 2, el acoplo de luz se quiere hacer de manera controlada para acoplar la luz a la fibra óptica 30 (con un núcleo 31 en una cubierta 32), y viceversa.

En algunas realizaciones, el adaptador de rejilla 1 está adaptado para radiación de ondas de luz de al menos una longitud de onda predeterminada λ . Una periodicidad, en la dirección de propagación, de las porciones 22a de la una o más pluralidades de porciones impares 21a y/o de las porciones 22b de la una o más pluralidades de porciones pares 21b cumple la relación $A < \lambda / (2 \cdot n_{eff})$, donde A es la periodicidad, λ es la longitud de onda predeterminada y n_{eff} es el índice de refracción efectivo de un modo del acoplador de rejilla por superficie 1. La periodicidad A es la misma para las pluralidades de porciones impares y pares 11a, 11b.

En este texto, las palabras "comprende", "incluye" y sus variantes (como "comprendiendo", "incluyendo", etc.) no deben interpretarse de forma excluyente, es decir, no excluyen la posibilidad de que lo descrito incluya otros elementos, pasos, etc. Además, aparte de haber utilizado las palabras "primer", "segundo", "tercer", etc., se entenderá que estas palabras únicamente se han utilizado para distinguir un elemento o parámetro de otro en aras de la claridad; no obstante, podía no haberse utilizado ninguna de tales palabras o usar otras; por ejemplo, la primera pluralidad de porciones podía haberse denominado segunda pluralidad de porciones y la segunda pluralidad de porciones haberse denominado primera pluralidad de porciones.

Por otra parte, la invención no está limitada a las realizaciones concretas que se han descrito, sino que abarca también, por ejemplo, las variantes que pueden ser realizadas por el experto medio en la materia (por ejemplo, en cuanto a la elección de materiales,

dimensiones, componentes, configuración, etc.), dentro de lo que se desprende de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un acoplador de rejilla por superficie (1) que comprende: un sustrato (2), una primera
 5 rejilla sub longitud de onda (10) de material núcleo (7) en al menos una porción del
 sustrato (2) en su longitud, y un prisma (4) adyacente a al menos una porción de la primera
 rejilla sub longitud de onda (10); la longitud del sustrato está definida según una dirección
 de propagación (Z) de ondas de luz en el acoplador de rejilla por superficie; la primera
 10 rejilla sub longitud de onda comprende un patrón de material núcleo que se extiende
 bidimensionalmente según la dirección de propagación y una dirección transversal (X) a
 la dirección de propagación; caracterizado por que:

el patrón de material núcleo de la primera rejilla sub longitud de onda está formado por
 dos o más pluralidades de porciones (11a,11b) de material núcleo teniendo, en la
 dirección transversal y adyacente/s una/s a otra/s, al menos una primera pluralidad de
 15 porciones (11a) y al menos una segunda pluralidad de porciones (11b), extendiéndose
 cada una de las primera y segunda pluralidades de porciones en la dirección de
 propagación; cada par de porciones (12a) vecinas de la primera pluralidad de porciones
 está separada una primera distancia (d_1) en la dirección de propagación; cada par de
 20 porciones (12b) vecinas de la segunda pluralidad de porciones está separada una
 segunda distancia (d_2) en la dirección de propagación; y cada segunda pluralidad de
 porciones está dispuesta de tal manera que al menos las porciones desde la segunda
 hasta la penúltima en la dirección de propagación estarían respectivamente dentro de la
 separación entre porciones vecinas de cada primera pluralidad de porciones si las primera
 y segunda pluralidades de porciones compartiesen posición en la dirección transversal.

25

2. El acoplador de rejilla por superficie (1) de la reivindicación 1, en el que cada porción
 (12b) de la segunda pluralidad de porciones (11b) tiene una longitud (L_2) según la
 dirección de propagación (Z) menor o igual a la primera distancia (d_1).

30 3. El acoplador de rejilla por superficie (1) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
 en el que cada par de primeras pluralidades de porciones (11a) vecinas en la dirección
 transversal (X) están separadas una distancia ($d_{w,1}$) igual o mayor que una anchura (W_2)
 de las porciones (12b) de la segunda pluralidad de porciones (11b) según la dirección
 transversal.

35

4. El acoplador de rejilla por superficie (1) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las porciones (12a) de la primera pluralidad de porciones (11a) tienen la misma geometría bidimensional según las direcciones de propagación (Z) y transversal (X); las porciones (12b) de la segunda pluralidad de porciones (11b) tienen la misma geometría bidimensional según las direcciones de propagación y transversal; y, opcionalmente, la geometría bidimensional de las porciones de las primera y segunda pluralidades de porciones es la misma.
5. El acoplador de rejilla por superficie (1) de la reivindicación 4, en el que la geometría bidimensional de las porciones (12a) de la primera pluralidad de porciones (11a) y/o de las porciones (12b) de la segunda pluralidad de porciones (11b) es cuadrada, rectangular, o elíptica.
6. El acoplador de rejilla por superficie (1) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las porciones (12a) de la primera pluralidad de porciones (11a) tienen una longitud (L_1) según la dirección de propagación (Z) igual, y una anchura (W_1) según la dirección transversal (X) igual; las porciones (12b) de la segunda pluralidad de porciones (11b) tienen una longitud (L_2) según la dirección de propagación igual, y una anchura (W_2) según la dirección transversal igual; y, opcionalmente, la longitud de las porciones de las primeras y segundas pluralidades de porciones son las mismas y/o la anchura de las porciones de las primeras y segundas pluralidades de porciones son las mismas.
7. El acoplador de rejilla por superficie (1) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la primera distancia (d_1) es igual a la segunda distancia (d_2).
8. El acoplador de rejilla por superficie (1) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las primeras y segundas pluralidades de porciones (11a, 11b) están dispuestas de tal manera que al menos las porciones (12b) desde la segunda hasta la penúltima en la dirección de propagación (Z) de cada segunda pluralidad de porciones (11b) desde la segunda hasta la penúltima en la dirección transversal (X) tienen un único punto de contacto con cuatro porciones (12a) de las primeras pluralidades de porciones.
9. El acoplador de rejilla por superficie (1) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que además comprende una segunda rejilla sub longitud de onda (20) en una porción del sustrato (2) en su longitud y que es contigua a la primera rejilla sub longitud de onda (10); la segunda rejilla sub longitud de onda (20) comprende un patrón de material núcleo (7)

que se extiende bidimensionalmente según la dirección de propagación (Z) y la dirección transversal (X) y está formado por múltiples pluralidades de porciones (21a,21b) de material núcleo teniendo, en la dirección transversal y adyacentes entre sí, al menos una tercera pluralidad de porciones (21a) y al menos una cuarta pluralidad de porciones (21b),
 5 extendiéndose cada una de las tercera y cuarta pluralidades de porciones en la dirección de propagación; cada par de porciones (22a) vecinas de la tercera pluralidad de porciones está separada una distancia en la dirección de propagación que es mayor para cada par de porciones vecinas más próximas a la primera rejilla sub longitud de onda; cada par de porciones (22b) vecinas de la cuarta pluralidad de porciones está separada una distancia
 10 en la dirección de propagación que es mayor para cada par porciones vecinas más próximas a la primera rejilla sub longitud de onda; las porciones de la cuarta pluralidad de porciones tienen una parte en contacto con porciones de la tercera pluralidad de porciones y otra parte en contacto con separaciones entre porciones vecinas de la tercera pluralidad de porciones; y las porciones de la tercera pluralidad de porciones tienen una
 15 parte en contacto con porciones de la cuarta pluralidad de porciones y otra parte en contacto con separaciones entre porciones vecinas de la cuarta pluralidad de porciones.

10. El acoplador de rejilla por superficie (1) de la reivindicación 9, en el que las porciones (22a) de la tercera pluralidad de porciones (21a) tienen una longitud según la dirección de propagación (Z) y/o una anchura según la dirección transversal (X) que es menor para porciones más próximas a la primera rejilla sub longitud de onda (10); y/o las porciones (22b) de la cuarta pluralidad de porciones (21b) tienen una longitud según la dirección de propagación y/o una anchura según la dirección transversal que es menor para porciones más próximas a la primera rejilla sub longitud de onda.

25 11. El acoplador de rejilla por superficie (1) de cualquiera de las reivindicaciones 9-10, en el que las porciones (22a) de la tercera pluralidad de porciones (21a) tienen la misma geometría bidimensional según las direcciones de propagación (Z) y transversal (X); las porciones (22b) de la cuarta pluralidad de porciones (21b) tienen la misma geometría bidimensional según las direcciones de propagación y transversal; y, opcionalmente, la
 30 geometría bidimensional de las porciones de las tercera y cuarta pluralidades de porciones es la misma.

12. El acoplador de rejilla por superficie (1) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que además comprende un adaptador modal (6) dispuesto entre un puerto (9) del acoplador de rejilla por superficie (1) y la primera rejilla sub longitud de onda (10).

13. El acoplador de rejilla por superficie (1) de la reivindicación 12, cuando depende de una cualquiera de las reivindicaciones 9-11, en el que un extremo del adaptador modal (6) está conectado al puerto (9) del acoplador de rejilla por superficie (1) y otro extremo del adaptador modal está conectado a la segunda rejilla sub longitud de onda (20).
14. El acoplador de rejilla por superficie (1) de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el prisma (4) está dispuesto formando un ángulo ϕ respecto a la primera rejilla sub longitud de onda (10) tal que: $\phi = \arctan(T/L) \pm 10\%$, donde T es la distancia entre el prisma y una primera porción (22a,22b) de una de las primeras y segundas pluralidades de porciones (21a,21b) que está más próxima a un puerto (9) del acoplador de rejilla por superficie (1), y L es una longitud (L_c) de la primera rejilla sub longitud de onda en la dirección de propagación (Z).
15. El acoplador de rejilla por superficie (1) de la reivindicación 14, en el que el prisma (4) está en contacto con la primera rejilla sub longitud de onda (10) al menos en un extremo de la primera rejilla sub longitud de onda más alejado al puerto (9) del acoplador de rejilla por superficie (1).
16. El acoplador de rejilla por superficie (1) de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que además comprende una cubierta entre al menos una porción de la primera rejilla sub longitud de onda (10) y el prisma (4).
17. El acoplador de rejilla por superficie (1) de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que está adaptado para radiación de ondas de luz de al menos una longitud de onda predeterminada λ ; en el que una periodicidad (A), en la dirección de propagación (Z), de las porciones (22a,22b) de la primera pluralidad de porciones (21a) y/o de las porciones de la segunda pluralidad de porciones (21b) cumple $A < \lambda / (2 \cdot n_{eff})$, donde A es la periodicidad, λ es la longitud de onda predeterminada y n_{eff} es el índice de refracción efectivo de un modo del acoplador de rejilla por superficie.
18. Un conjunto (40) que comprende el acoplador de rejilla por superficie (1) de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, y una fibra óptica (30) adyacente al prisma (4) del acoplador de rejilla por superficie.

19. Un método, que comprende: disponer una primera rejilla sub longitud de onda (10) de material núcleo (7) en al menos una porción de un sustrato (2) en su longitud para producir un acoplador de rejilla por superficie (1); disponer un prisma (4) adyacente a al menos una porción de la primera rejilla sub longitud de onda; y radiar al menos una onda de luz
 5 mediante el acoplador de rejilla por superficie acoplando la al menos una onda de luz en un puerto (9) del acoplador de rejilla por superficie o el prisma y propagando la al menos una onda de luz por al menos parte de una longitud de la primera rejilla sub longitud de onda; la longitud del sustrato está definida según una dirección de propagación (Z) de ondas de luz en el acoplador de rejilla por superficie; la primera rejilla sub longitud de
 10 onda comprende un patrón de material núcleo que se extiende bidimensionalmente según la dirección de propagación y una dirección transversal (X) a la dirección de propagación; caracterizado por que:

la primera rejilla sub longitud de onda comprende un patrón de material núcleo formado por múltiples pluralidades de porciones (11a,11b) de material núcleo teniendo, en la
 15 dirección transversal y adyacente/s una/s a otra/s, al menos una primera pluralidad de porciones (11a) y una segunda pluralidad de porciones (11b), extendiéndose cada una de las primera y segunda pluralidades de porciones en la dirección de propagación; cada par de porciones (12a) vecinas de la primera pluralidad de porciones está separada una
 20 primera distancia (d_1) en la dirección de propagación; cada par de porciones (12b) vecinas de la segunda pluralidad de porciones está separada una segunda distancia (d_2) en la dirección de propagación; y cada segunda pluralidad de porciones está dispuesta de tal manera que al menos las porciones desde la segunda hasta la penúltima en la dirección de propagación están respectivamente dentro de la separación entre porciones vecinas
 25 de cada primera pluralidad de porciones si las primera y segunda pluralidades de porciones compartiesen posición en la dirección transversal.

20. El método de la reivindicación 19, en el que una periodicidad (A), en la dirección de propagación (Z), de las porciones (12a,12b) de la primera pluralidad de porciones (11a)
 30 y/o de las porciones de la segunda pluralidad de porciones (11b) cumple $A < \lambda / (2 \cdot n_{eff})$, donde A es la periodicidad, λ es la longitud de onda de la al menos una onda de luz y n_{eff} es el índice de refracción efectivo de un modo del acoplador de rejilla por superficie (1).

21. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 19-20, que además comprende disponer el acoplador de rejilla por superficie (1) adyacente a un dispositivo fotónico (30)

para acoplar la al menos una onda de luz del acoplador de rejilla por superficie al dispositivo fotónico o viceversa.

22. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 19-21, en el que el acoplador de
5 rejilla por superficie (1) es un acoplador de rejilla por superficie de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 2-17.

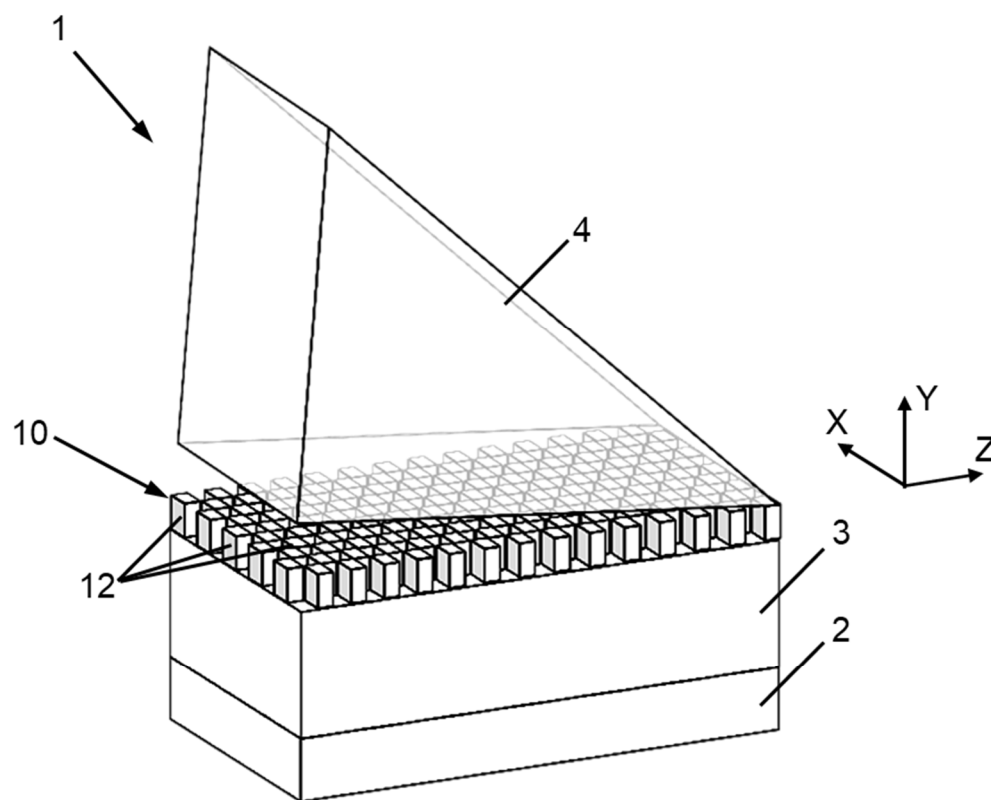


FIG. 1

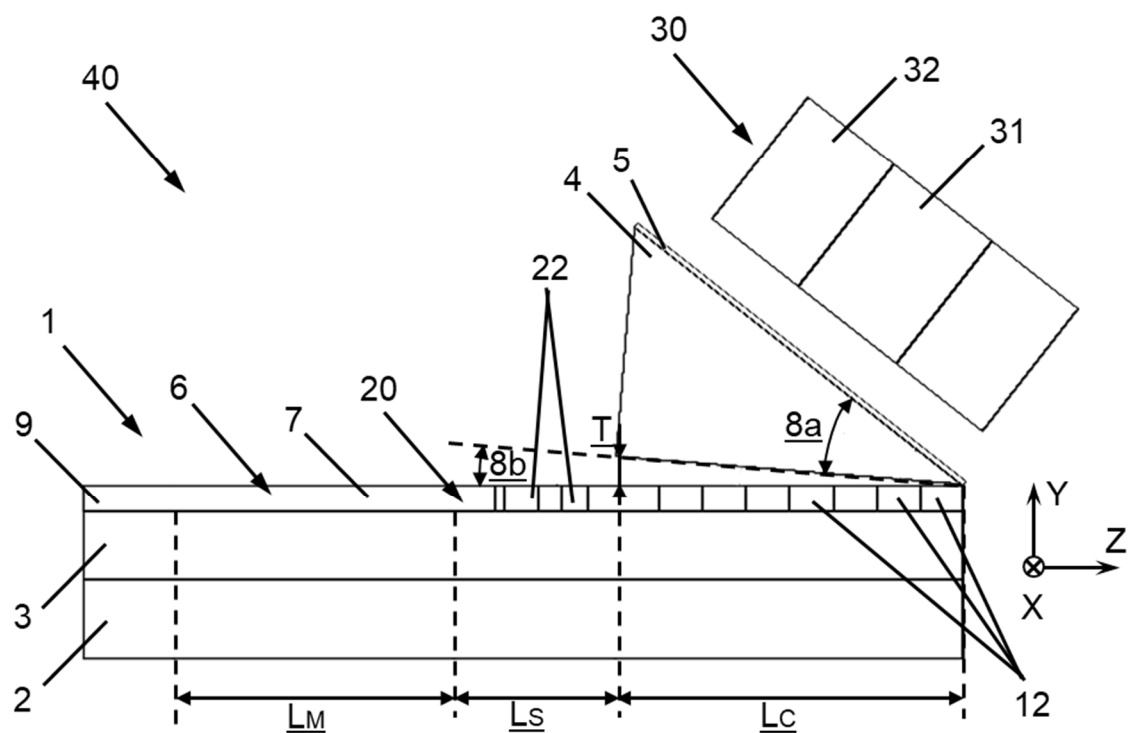


FIG. 2

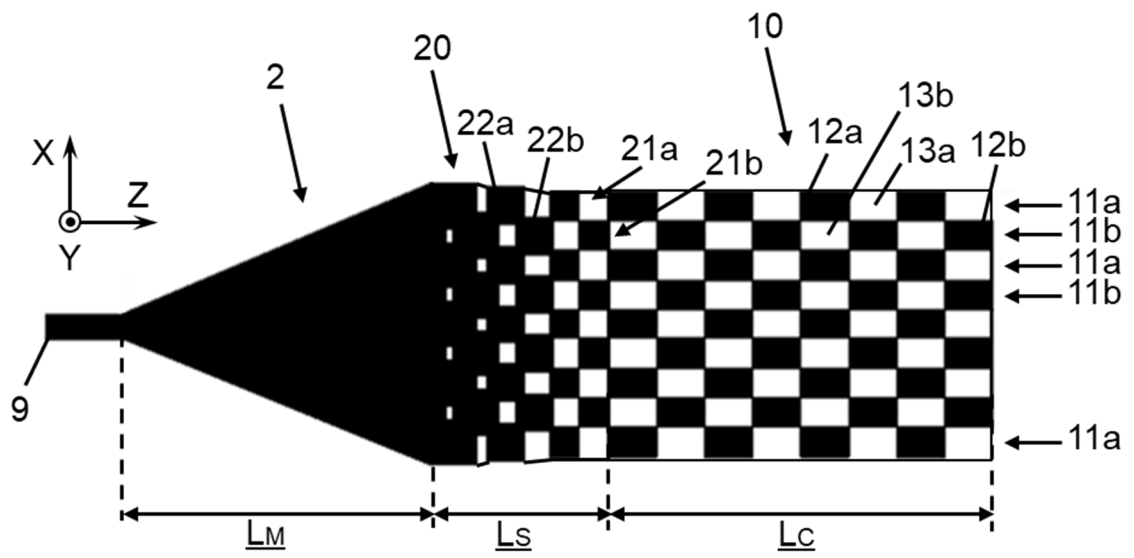


FIG. 3

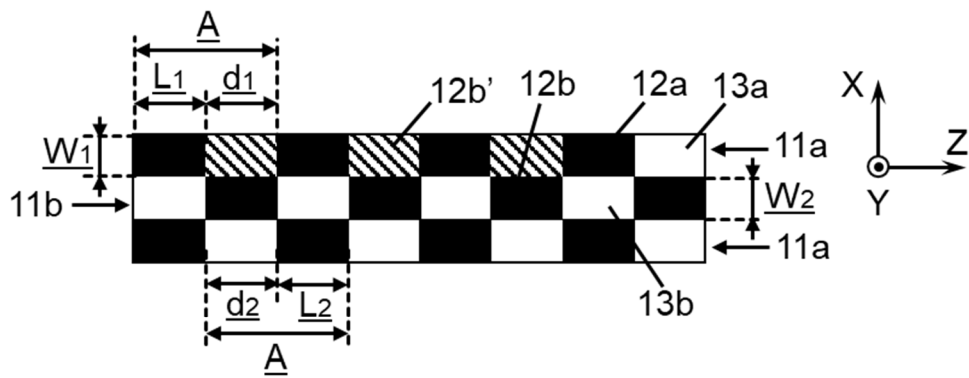


FIG. 4

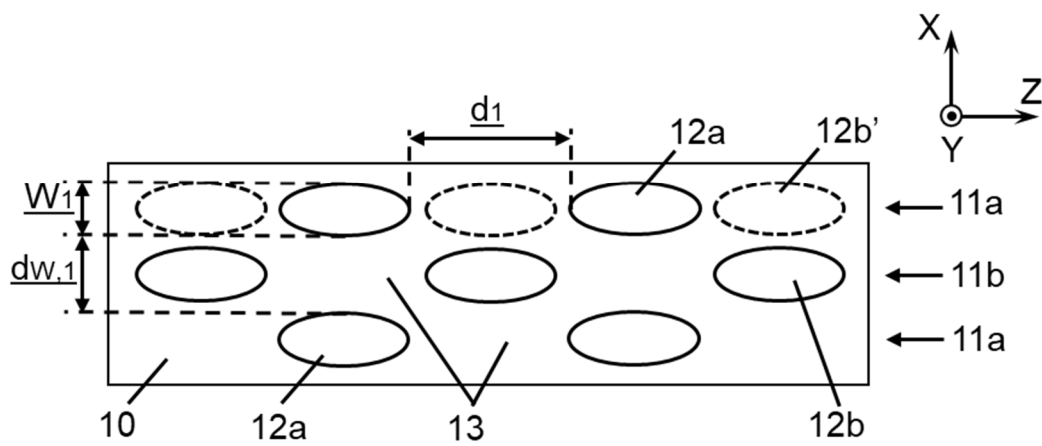


FIG. 5

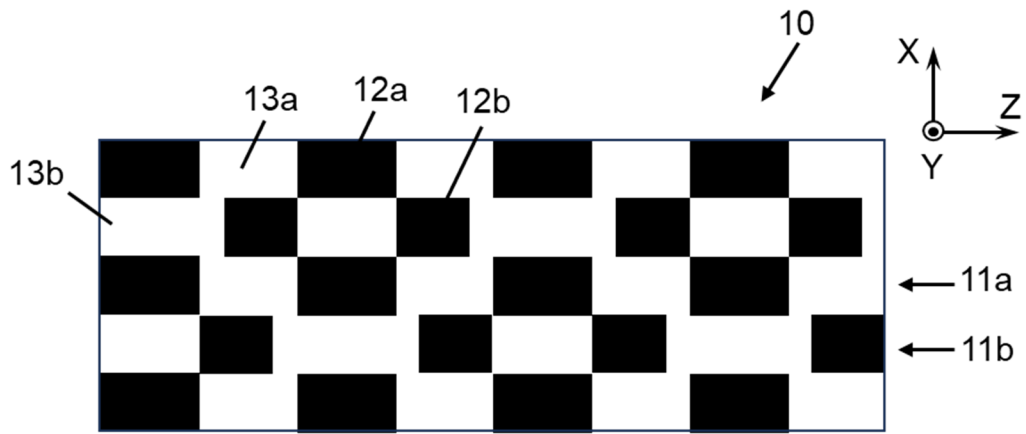


FIG. 6

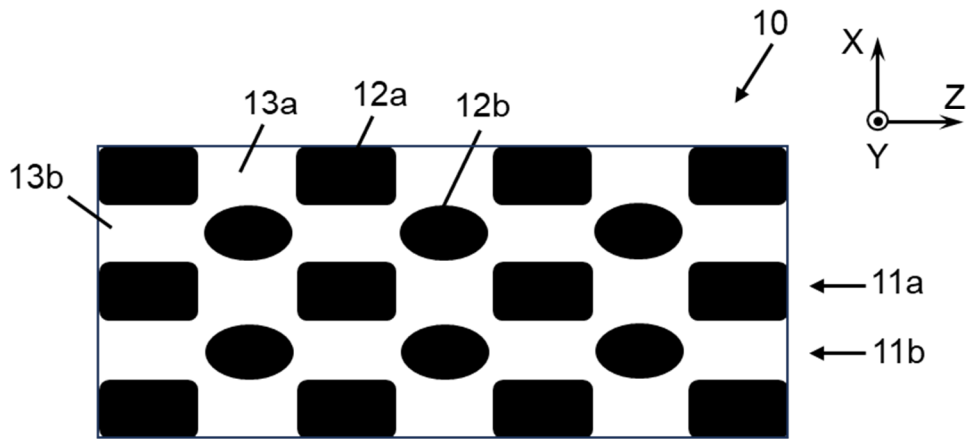


FIG. 7

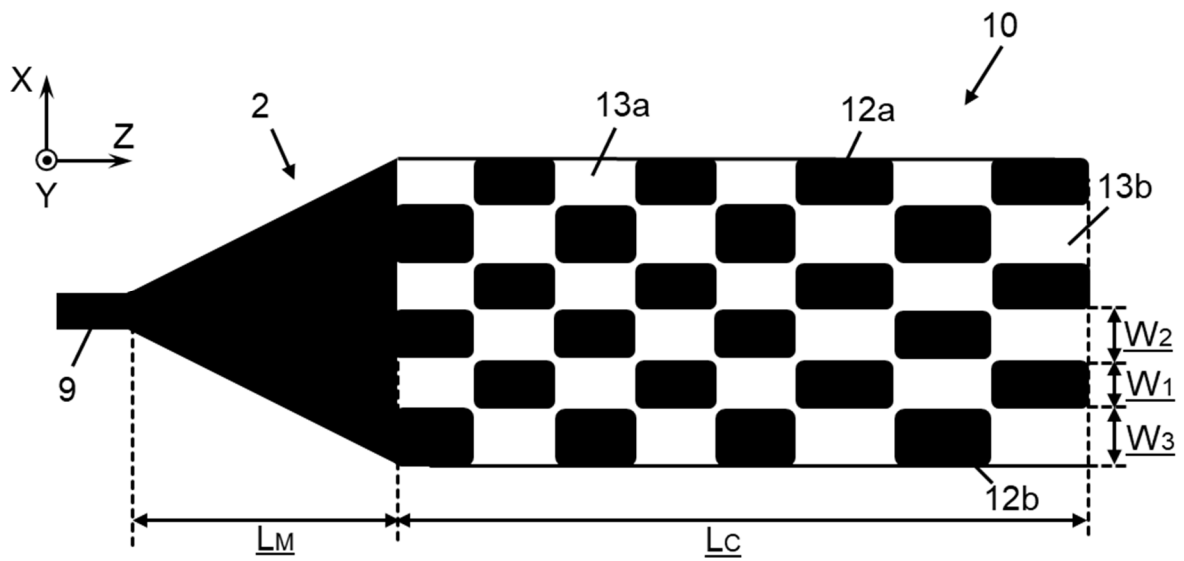


FIG. 8



- 21 N.º solicitud: 202330970
- 22 Fecha de presentación de la solicitud: 23.11.2023
- 32 Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

51 Int. cl.: **G02B5/18** (2006.01)
G02B6/10 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	56 Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	US 2018095199 A1 (LI MING et al.) 05/04/2018, resumen; párrafos [0003, 0004, 0007, 0052, 0061, 0067]; figuras 3, 5, 9.	1-22
A	DEMIRTZIOGLOU, I. et al.: "Apodized silicon photonic grating couplers for mode-order conversion". Photonics Research, 09/06/2019 [en línea][recuperado el 19/07/2024]. Recuperado de Internet <URL: https://www.researchgate.net/publication/335170765_Apodized_silicon_photonic_grating_couplers_for_mode-order_conversion >, <DOI: 10.1364/PRJ.7.001036>. Todo el documento.	1-22
A	YUN, H. et al.: "Wideband, Flat-Top, SOI Filter using an Apodized Sub-Wavelength-Grating Contra-Directional Coupler". 2019 IEEE 16th International Conference on Group IV Photonics, 31/08/2019 [en línea][recuperado el 19/07/2024]. Recuperado de Internet <URL: https://www.researchgate.net/publication/338206892_Wideband_Flat-Top_SOI_Filter_using_an_Apodized_Sub-Wavelength-Grating_Contra-Directional_Coupler >, <DOI: 10.1109/GROUP4.2019.8925573>. Todo el documento.	1-22

Categoría de los documentos citados

- X: de particular relevancia
- Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría
- A: refleja el estado de la técnica

- O: referido a divulgación no escrita
- P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud
- E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

- ☒ para todas las reivindicaciones
- ☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe 19.07.2024	Examinador F. J. Domínguez Gómez	Página 1/2
--	-------------------------------------	---------------

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

G02B

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI, IEEE, INSPEC, NPL