

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 981 072**

51 Int. Cl.:

G02B 6/42 (2006.01)

G02B 6/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.09.2021** **PCT/NL2021/050580**

87 Fecha y número de publicación internacional: **31.03.2022** **WO22066016**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.09.2021** **E 21794424 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.04.2024** **EP 4217780**

54 Título: **Conjunto óptico**

30 Prioridad:

28.09.2020 NL 2026563

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

07.10.2024

73 Titular/es:

PHOTONIP B.V. (100.0%)

De Zaale, 11

5612 AJ Eindhoven, NL

72 Inventor/es:

LEMOS ALVARES DOS SANTOS, RUI MANUEL

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 981 072 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

Conjunto óptico

5 La presente invención se refiere a un conjunto óptico que comprende un primer circuito óptico y un segundo circuito óptico. La invención se refiere además a un dispositivo óptico en el que el primer circuito óptico y el segundo circuito óptico están conectados de manera fija entre sí. Además, la presente invención se refiere a un método para fabricar el dispositivo óptico.

10 Se conoce un conjunto óptico por el documento WO 2016/131906. En este conjunto óptico conocido, el primer circuito óptico es un circuito ópticamente activo y comprende un sustrato ópticamente activo, al menos una primera guía de ondas óptica formada en el sustrato ópticamente activo y un primer rebaje ahusado en el sustrato ópticamente activo dispuesto cerca de un primer extremo de la al menos una primera guía de ondas óptica, presentando dicho primer rebaje ahusado una superficie inferior, una superficie de extremo y un par de superficies laterales que se extienden desde la superficie inferior.

15 En el conjunto óptico conocido, el segundo circuito óptico es un circuito ópticamente pasivo que está formado por un intercalador que incluye al menos una segunda guía de ondas óptica. El intercalador permite que la al menos una primera guía de ondas en el circuito ópticamente activo se acople a al menos una fibra óptica. Más en particular, en un extremo del intercalador, la al menos una segunda guía de ondas está acoplada a una fibra óptica, mientras que en otro extremo la al menos una segunda guía de ondas está acoplada a la al menos una primera guía de ondas óptica del circuito ópticamente activo.

20 Al retirar completamente el sustrato debajo de un extremo de la al menos una segunda guía de ondas óptica del circuito ópticamente pasivo, se forma un dedo. Este dedo es visible tanto desde la parte superior como desde la parte inferior de la estructura de intercalador, lo que puede ayudar en la alineación del dedo en un primer rebaje ahusado del circuito ópticamente activo. De esta manera, el extremo de la al menos una segunda guía de ondas en el intercalador se vuelve flexible permitiendo que se disponga en los primeros rebajes ahusados. Generalmente, se forman múltiples dedos para conectar una pluralidad de segundas guías de ondas ópticas en el circuito ópticamente pasivo a una pluralidad correspondiente de primeras guías de ondas ópticas en el circuito ópticamente activo.

25 El acoplamiento permanente de fibra-chip a través del intercalador puede proporcionarse fijando los dedos en posiciones de forma permanente. Esto puede lograrse usando adhesivos de adaptación de índice cuando el adhesivo está en la trayectoria óptica entre el intercalador y la al menos una primera guía de ondas del circuito ópticamente activo. Alternativamente, se pueden usar adhesivos tales como soldadura fuera del primer rebaje ahusado para conectar de manera fija el intercalador al circuito ópticamente activo.

30 Las conexiones eléctricas entre el intercalador y el circuito ópticamente activo pueden realizarse usando una o más capas metálicas que cubren los dedos y que hacen contacto con las almohadillas metálicas en el circuito ópticamente activo.

35 En el conjunto óptico conocido, la alineación de los dedos se realiza usando los propios dedos como un indicador visual. Esto se hizo posible retirando completamente el sustrato debajo de ellos. Además, la alineación requiere que el intercalador se coloque en un ángulo con respecto al circuito ópticamente activo. Esto complica la alineación, reduce la fiabilidad del acoplamiento entre el intercalador y el circuito ópticamente activo, y solo permite que un intercalador se conecte al circuito ópticamente activo en un momento.

40 Un conjunto óptico según el preámbulo de la reivindicación 1 se conoce desde el documento US8442368B1.

Es un objeto de la presente invención proporcionar un conjunto óptico en el que los problemas mencionados anteriormente asociados con el acoplamiento del primer y segundo circuitos ópticos no se produzcan o al menos en menor medida.

45 Este objeto se logra usando el conjunto óptico de la reivindicación 1 que se caracteriza por que el primer circuito óptico comprende además un segundo rebaje ahusado dispuesto cerca de un segundo extremo de una primera guía de ondas óptica entre la al menos una primera guía de ondas óptica, presentando dicho segundo rebaje ahusado una superficie inferior, una superficie de extremo y un par de superficies laterales que se extienden desde la superficie inferior, y por que el segundo circuito óptico comprende además un primer rebaje dispuesto debajo de un primer extremo de una segunda guía de ondas óptica entre la al menos una segunda guía de ondas óptica, y un segundo rebaje debajo de un segundo extremo de una segunda guía de ondas óptica entre la al menos una segunda guía de ondas óptica.

50 Dicho primer extremo de una segunda guía de ondas óptica y dicho segundo extremo de una segunda guía de ondas óptica forman un primer y segundo extremo flexible, respectivamente, en donde el primer y segundo extremos flexibles se extienden lejos del segundo sustrato óptico a lo largo de direcciones al menos parcialmente opuestas en ausencia de fuerzas externas que actúan sobre ellos.

55 Según la invención, dicho primer y segundo extremos flexibles, están configurados para recibirse en el primer y segundo rebajes ahusados, respectivamente, con el fin de permitir que el primer y segundo extremos flexibles ejerzan una fuerza de resorte sobre la superficie de extremo del primer y segundo rebajes ahusados, respectivamente, cuando se acopla de manera fija el primer y segundo circuitos ópticos. Cuando el primer y segundo circuitos ópticos están conectados de forma

fija, la primera guía de ondas óptica que tiene el primer rebaje ahusado dispuesto cerca de su primer extremo se acopla ópticamente a través de la superficie de extremo del primer rebaje ahusado a la segunda guía de ondas óptica que tiene el primer rebaje dispuesto cerca de su primer extremo y la primera guía de ondas óptica que tiene el segundo rebaje ahusado dispuesto cerca de su segundo extremo se acopla ópticamente a través de la superficie de extremo del segundo rebaje ahusado a la segunda guía de ondas óptica que tiene el segundo rebaje dispuesto cerca de su segundo extremo.

Además, el primer circuito óptico es uno entre un circuito ópticamente activo y un circuito ópticamente pasivo y el segundo circuito óptico es el otro entre el circuito ópticamente activo y un circuito ópticamente pasivo.

Debido a la fuerza de resorte ejercida sobre las superficies de extremo, el primer circuito óptico puede sujetarse al menos parcialmente al conectar el primer y segundo circuitos ópticos. Además, la fuerza de resorte asegura un acoplamiento óptico de baja pérdida entre el primer extremo flexible y dicho primer extremo de una primera guía de ondas óptica y entre el segundo extremo flexible y dicho segundo extremo de una primera guía de ondas óptica.

El primer circuito óptico puede ser un circuito ópticamente activo, y el segundo circuito óptico puede ser un circuito ópticamente pasivo. Dentro del contexto de la presente invención, un circuito ópticamente activo es un circuito óptico que al menos para la mayor parte aumenta la energía óptica convirtiendo energía eléctrica suministrada al circuito ópticamente activo en energía óptica. Por el contrario, un circuito ópticamente pasivo es un circuito que al menos para la mayor parte solo disipa la energía óptica.

Dicho primer extremo de una primera guía de ondas óptica y dicho segundo extremo de una primera guía de ondas óptica pueden ser extremos en lados opuestos de una misma primera guía de ondas óptica. Alternativamente, dicho primer extremo de una primera guía de ondas óptica y dicho segundo extremo de una primera guía de ondas óptica pueden ser extremos de diferentes primeras guías de ondas ópticas, estando dispuestas dichas primeras guías de ondas ópticas diferentes preferiblemente en paralelo.

El primer circuito óptico puede comprender además una o más primeras almohadillas de contacto y una primera marca de alineación. Además, el segundo circuito óptico puede comprender además una o más primeras almohadillas de contacto y una segunda marca de alineación. En este caso, la una o más primeras almohadillas de contacto están configuradas para conectarse de manera fija a la una o más segundas almohadillas de contacto, por ejemplo, mediante el uso de una unión eutéctica, soldadura o un adhesivo conductor. Además, el primer circuito óptico y el segundo circuito óptico pueden configurarse de manera que cuando el primer circuito óptico y el segundo circuito óptico se hayan movido mutuamente para llevar la primera y segunda marcas de alineación a un registro lateral predefinido, y el primer circuito óptico y el segundo circuito óptico se acercan posteriormente sin cambiar sustancialmente el registro lateral, el primer y segundo extremos flexibles se guían hacia dicho primer extremo de una primera guía de ondas óptica y dicho segundo extremo de una primera guía de ondas óptica por la superficie inferior y al menos una de las superficies laterales del primer y segundo rebajes ahusados, respectivamente, permitiendo así un acoplamiento óptico entre dicho primer extremo flexible y dicho primer extremo de una primera guía de ondas óptica y entre dicho segundo extremo flexible y dicho segundo extremo de una primera guía de ondas óptica.

La primera y segunda marca de alineación permiten una alineación lateral precisa. Por ejemplo, el primer sustrato óptico y el segundo sustrato óptico son ambas estructuras esencialmente planas que se extienden en una dirección x y una dirección y. Antes de conectar el primer circuito óptico y el segundo circuito óptico, los circuitos se mueven mutuamente en la dirección x y/o la dirección y hasta que la distancia en estas direcciones entre la primera y la segunda marca de alineación cumple con un valor predeterminado. Por ejemplo, se puede decir que las marcas de alineación están alineadas cuando la distancia en la dirección y es igual a 500 ± 5 micrómetros y la distancia en la dirección x es igual a 300 ± 5 micrómetros. En una realización particular, se dice que las marcas de alineación están alineadas cuando la distancia es inferior a 5 micrómetros en ambas direcciones. En consecuencia, la alineación mutua del primer y segundo circuitos ópticos puede ser relativamente continua, por ejemplo, presentar una tolerancia mucho mayor que una dimensión característica, por ejemplo, anchura, de la al menos una primera o segunda guía de ondas óptica. La alineación final entre los extremos flexibles y la al menos una primera guía de ondas óptica, cuya precisión debe ser en general mejor que el 5 micrómetros mencionado anteriormente, se facilita debido a la autoalineación de los extremos flexibles en los rebajes ahusados.

Durante la alineación de la primera y segunda marcas de alineación, el primer y segundo extremos flexibles no se encajan en ninguna de las superficies del primer y segundo rebajes ahusados, respectivamente. Sin embargo, una vez alineadas las marcas de alineación, el primer circuito óptico y el segundo circuito óptico se mueven mutuamente en la dirección z. Durante este movimiento, el primer y segundo extremos flexibles se encajarán en el primer y segundo rebajes ahusados, respectivamente. Más en particular, el primer y el segundo extremos flexibles se encajarán en la superficie inferior y al menos la superficie lateral del primer y segundo rebajes ahusados, respectivamente. Debido a la forma del primer y segundo rebajes ahusados, que se estrecha hacia fuera alejándose de dicho primer o segundo extremo de una primera guía de ondas óptica, respectivamente, el primer y segundo extremos flexibles se guiarán hacia dicho primer o segundo extremo de una primera guía de ondas óptica. Debido a la flexión hacia arriba del primer y segundo extremos flexibles, se asegura que el primer y segundo extremos flexibles se encajen al primer o segundo rebaje ahusado, respectivamente, incluso aunque el primer circuito óptico y el segundo circuito óptico todavía estén separados en la dirección z. Además, la flexión hacia arriba asegura que se ejerza una fuerza suficiente sobre el primer y el segundo extremos flexibles por las superficies de extremo del primer y segundo rebajes ahusados,

respectivamente, y viceversa, para ayudar al posicionamiento adecuado del primer y segundo extremos flexibles en relación con la primera guía o guías de ondas ópticas y para asegurar un acoplamiento óptico de baja pérdida. Más en particular, las superficies de extremo proporcionan una posición de extremo controlable que permite que los extremos flexibles se detengan en una misma posición. Además, este posicionamiento no necesita ser perturbado por la presencia de cualquier adhesivo en la segunda guía o guías de ondas ópticas o en el primer o segundo rebaje ahusado, como la conexión fija entre el primer circuito óptico y el segundo circuito óptico se realiza usando la una o más primeras almohadillas de contacto y las una o más segundas almohadillas de contacto.

Una distancia entre el primer y el segundo extremos flexibles antes de que el primer y segundo circuitos ópticos se encajen entre sí puede ser mayor que una distancia entre la superficie de extremo del primer rebaje ahusado y la superficie de extremo del segundo rebaje ahusado, y una distancia entre el primer y el segundo extremos flexibles, si estos extremos están doblados para estar en línea con la segunda guía de ondas óptica correspondiente, es menor que una distancia entre la superficie de extremo del primer rebaje ahusado y la superficie de extremo del segundo rebaje ahusado. De esta manera, se puede asegurar que el primer y segundo extremos flexibles tengan que deformarse, Preferiblemente de manera elástica, ejerciendo así la fuerza de resorte sobre las superficies de extremo del primer y segundo rebajes ahusados, respectivamente.

El primer y segundo extremos flexibles pueden extenderse lejos del segundo sustrato óptico a lo largo de una primera dirección y una segunda dirección, respectivamente, presentando cada una de la primera y la segunda dirección un componente paralelo al segundo sustrato óptico y un componente perpendicular al segundo sustrato óptico, en donde los componentes paralelos correspondientes al primer y segundo puntos de extremo flexibles apuntan en direcciones al menos parcialmente opuestas. Al ejercer una fuerza de resorte desde direcciones al menos parcialmente opuestas, se puede obtener una sujeción al menos parcial del primer circuito óptico mediante el segundo circuito óptico. Además cada componente paralelo puede dividirse preferiblemente en un segundo componente a lo largo de una tercera dirección y un tercer componente a lo largo de una cuarta dirección perpendicular a la tercera dirección, en donde el segundo componente correspondiente a la primera dirección es opuesto al segundo componente correspondiente a la segunda dirección y/o en donde el tercer componente correspondiente a la primera dirección es opuesto al tercer componente correspondiente a la segunda dirección. De esta manera, las fuerzas de resorte se pueden aplicar simétricamente. Aquí, se dice que un componente es opuesto a otro componente si tiene el signo opuesto y también preferiblemente una magnitud igual.

El conjunto óptico puede comprender una pluralidad de dichos primeros rebajes ahusados para una pluralidad correspondiente de primeras guías de ondas ópticas, una pluralidad de dichos segundos rebajes ahusados para una pluralidad correspondiente de primeras guías de ondas ópticas, una pluralidad de dichos primeros extremos flexibles para una pluralidad correspondiente de segundas guías de ondas ópticas, y una pluralidad de dichos segundos extremos flexibles para una pluralidad correspondiente de segundas guías de ondas ópticas, cada primer y segundo extremos flexible está configurado para recibirse en un primer y segundo rebajes ahusados respectivos, respectivamente, el primer y segundo extremos flexibles se extienden en cada caso lejos del segundo sustrato óptico a lo largo de una primera dirección respectiva y una segunda dirección respectiva, respectivamente, presentando cada una de la primera y segunda dirección respectiva un componente paralelo al segundo sustrato óptico y un componente perpendicular al segundo sustrato óptico. Cada componente paralelo respectivo puede dividirse en un segundo componente a lo largo de una tercera dirección y un tercer componente a lo largo de una cuarta dirección perpendicular a la tercera dirección, y una suma de los segundos componentes y/o una suma de los terceros componentes puede ser sustancialmente cero. Preferiblemente, se puede lograr que la fuerza de resorte combinada ejercida sobre el primer circuito óptico pueda ser sustancialmente cero en al menos una de la tercera y cuarta dirección.

La al menos una segunda guía de ondas óptica puede comprender una primera capa dispuesta sobre una segunda capa. Además, cuando el primer y segundo circuitos ópticos están conectados de forma fija, la primera capa está dispuesta entre la segunda capa y el primer sustrato óptico. La primera capa puede estar bajo deformación por tracción con respecto a la segunda capa o la segunda capa puede estar bajo deformación compresiva con respecto a la primera capa. Debido al desequilibrio en la deformación en la segunda guía de ondas óptica, cuando se graba el material por debajo del primer extremo de una segunda guía de ondas óptica con el fin de crear el primer rebaje, el primer extremo de la segunda guía de ondas óptica se doblará hacia arriba creando así el primer extremo flexible. La flexibilidad del primer extremo flexible de la segunda guía de ondas óptica está relacionada con la anchura y el espesor de la segunda guía de ondas óptica. Se aplican consideraciones similares cuando se crea el segundo extremo flexible.

La primera capa solo puede proporcionarse en la segunda capa en una región correspondiente al primer y segundo extremos flexibles. En otras regiones de la al menos una segunda guía de ondas óptica, la primera capa puede omitirse ya que no se requiere la diferencia en la deformación.

Un ángulo máximo de inclinación del primer y segundo extremos flexibles en relación con un plano paralelo al segundo sustrato óptico puede encontrarse en un intervalo entre 1 y 45 grados, y más preferiblemente entre 3 y 30 grados. Fuera de este intervalo, el primer y segundo extremos flexibles están en riesgo de romperse o no se extenderán lo suficiente en el primer o segundo rebaje ahusado, respectivamente, durante el movimiento mutuo en la dirección z del primer circuito óptico y el segundo circuito óptico. Además, una longitud del primer y segundo extremos flexibles puede encontrarse en un intervalo entre 50 y 1000 micrómetros. Adicional o alternativamente una anchura del primer y segundo extremos flexibles se encuentra en un intervalo entre 0,5 y 20 micrómetros, y en donde un espesor del primer y segundo extremos flexibles se encuentra dentro de un intervalo entre 50 y 150 por ciento de la anchura del primer y segundo extremos flexibles, respectivamente.

Una anchura de la al menos una primera guía de ondas óptica puede encontrarse en un intervalo entre 0,1 y 10 micrómetros, y un espesor de la al menos una primera guía de ondas óptica puede encontrarse en un intervalo entre 0,1 y 5 micrómetros.

Se pueden implementar varias funciones en el circuito ópticamente activo y el circuito ópticamente pasivo. Por ejemplo, al menos un elemento pasivo del grupo de elementos pasivos que consiste en un filtro, un combinador, un convertidor de polarización y un divisor, puede implementarse en el circuito ópticamente pasivo. Adicional o alternativamente al menos un elemento activo del grupo de elementos activos que consiste en un láser, un amplificador óptico semiconductor, un modulador de fase, un modulador de amplitud y un fotodetector pueden implementarse en el circuito ópticamente activo. En este último caso el circuito ópticamente activo puede comprender uno o más terminales eléctricos conectados con el al menos un elemento activo para recibir o emitir una señal eléctrica y/o para recibir energía eléctrica, en donde al menos uno entre dicho uno o más terminales eléctricos está conectado y/o formado por una primera almohadilla de contacto respectiva entre la una o más primeras almohadillas de contacto. Por consiguiente, se puede usar la misma estructura para conectar de forma fija el circuito ópticamente activo y el circuito ópticamente pasivo como para realizar la conexión eléctrica requerida para operar el al menos un elemento activo.

La primera guía de ondas óptica entre la al menos una primera guía de ondas óptica puede terminar en el primer y/o segundo rebaje ahusado. Por ejemplo, el primer y/o segundo rebaje ahusado correspondiente puede comprender un primer segmento en el que dicha primera guía de ondas óptica entre la al menos una primera guía de ondas óptica termina. Este primer segmento puede ser más ancho que una última parte de esa primera guía de ondas óptica pero menor que el primer o segundo extremo flexible de la segunda guía de ondas óptica correspondiente que se va a recibir en dicho primer o segundo rebaje ahusado. El primer y/o segundo rebaje ahusado correspondiente puede comprender un segundo segmento conectado al primer segmento. El segundo segmento puede ser más ancho que tanto el primer segmento como el primer o segundo extremo flexible de la segunda guía de ondas óptica correspondiente que se va a recibir en dicho primer o segundo rebaje estrechado. Además, un límite entre el primer y el segundo segmentos puede estar configurado para formar la superficie de extremo del primer o segundo rebaje ahusado correspondiente contra el cual el primer o segundo extremo flexible de la segunda guía de ondas óptica correspondiente que se va a recibir en dicho primer o segundo rebaje ahusado correspondiente se apoya después haberse conectado la una o más primeras y segundas almohadillas de contacto de manera fija.

Alternativamente una faceta de extremo de la primera guía de ondas óptica que se dispone cerca del primer o segundo rebaje ahusado correspondiente puede formar la superficie de extremo de ese rebaje ahusado.

El circuito ópticamente activo puede comprender además un primer anillo de contacto dispuesto alrededor de la al menos una primera guía de ondas óptica, y el circuito ópticamente pasivo puede comprender además un segundo anillo de contacto dispuesto alrededor de la al menos una segunda guía de ondas óptica, en donde el primer y segundo anillos de contacto están configurados para conectarse de manera fija entre sí con el fin de proporcionar un sellado para la al menos una primera guía de ondas óptica y la al menos una segunda guía de ondas óptica. Dicho sellado puede ser ventajoso para proteger el acoplamiento entre la al menos una primera guía de ondas óptica y la al menos una segunda guía de ondas óptica contra condiciones ambientales, tales como humedad y contaminantes, y/o proteger las facetas expuestas de los extremos flexibles y/o proteger las facetas expuestas de la al menos una primera guía de ondas óptica.

La una o más primeras almohadillas de contacto y la una o más segundas almohadillas de contacto pueden comprender una o más capas metálicas para permitirles conectarse a través de soldadura, preferiblemente soldadura eutéctica, o unión, preferiblemente unión eutéctica, usando la aplicación simultánea de calor y presión. Antes de conectar la primera y segunda almohadilla de contacto se puede aplicar soldadura u otro adhesivo a al menos una de la primera y segunda almohadilla de contacto. Consideraciones similares son válidas para el primer y segundo anillos de contacto.

El primer o segundo sustrato óptico correspondiente al circuito ópticamente activo puede comprender una primera capa de revestimiento que tiene un primer tipo de dopaje, una segunda capa de revestimiento que tiene un segundo tipo de dopaje diferente del primer tipo de dopaje, y una capa activa dispuesta entre la primera y segunda capas de revestimiento. La al menos una primera o segunda guía de ondas óptica que forma parte del circuito ópticamente activo puede haberse formado mediante grabado a través de al menos una parte de la primera capa de revestimiento. Adicional o alternativamente, el circuito ópticamente activo puede comprender un primer contacto metálico a la primera capa de revestimiento que está conectada a una primera o segunda almohadilla de contacto respectiva entre las una o más primeras o segundas almohadillas de contacto, y un segundo contacto metálico a la segunda capa de revestimiento que está conectada a una primera o segunda almohadilla de contacto respectiva entre las una o más primeras o segundas almohadillas de contacto.

La primera capa de revestimiento puede comprender una primera subcapa, una segunda subcapa y una primera capa de tope de grabado dispuesta entre la primera y segunda subcapa. La primera capa de tope de grabado puede ser una capa de tope para detener una etapa de grabado en húmedo particular. La al menos una primera o segunda guía de ondas óptica que forma parte del circuito ópticamente activo puede haberse formado mediante grabado hasta la primera capa de tope de grabado. De forma similar, la segunda capa de revestimiento puede comprender una primera subcapa, una segunda subcapa y una segunda capa de tope de grabado dispuesta entre las primera y dos subcapas, en donde el segundo contacto metálico se ha formado mediante un grabado químico hasta la segunda capa de tope

de grabado químico y una capa metálica dispuesta en la cavidad formada por dicho grabado. La segunda capa de tope de grabado puede ser una capa de tope para detener una etapa de grabado químico en húmedo particular.

La primera y segunda capas de revestimiento pueden estar hechas de fosfuro de indio, arseniuro de galio o antimoniuro de galio, y/o en donde la segunda capa de revestimiento está dispuesta sobre un sustrato de fosfuro de indio, arseniuro de galio o antimoniuro de galio que tiene un mismo tipo de dopaje que la segunda capa de revestimiento. La capa activa puede estar hecha de fosfuro de arseniuro de indio y galio, arseniuro de galio indio aluminio o materiales basados en antimonio. Sin embargo, la presente invención no está limitada a estas realizaciones.

El sustrato ópticamente pasivo puede comprender una capa de guiado, un sustrato portador y una capa de revestimiento dispuesta entre la capa de guiado y el sustrato portador. En este caso la al menos una primera o segunda guía de ondas óptica que forma parte del circuito ópticamente pasivo se ha formado mediante grabado a través de la capa de revestimiento y capa de guiado, preferiblemente hasta el sustrato portador. Adicional o alternativamente cuando el segundo circuito óptico es el circuito ópticamente pasivo, el primer y el segundo extremos flexibles de dicha segunda guía de ondas óptica entre la al menos una segunda guía de ondas óptica se han formado al grabar parcialmente el sustrato portador debajo de la capa de revestimiento. Además, una capa de tensión puede disponerse en la capa de guiado, capa de tensión que está bajo deformación por tracción y capa de tensión que está configurada para provocar, al menos en parte, la flexión hacia arriba de la primera y segunda guía de ondas flexible. La capa de tensión puede ser una capa de nitruro de silicio Si_xN_y , pero la invención no se limita a esto.

La capa de guiado puede ser una capa de silicio, preferiblemente una capa monocristalina. Además, la capa de revestimiento puede ser una capa de óxido de silicio Si_xO_y y el sustrato portador puede comprender un sustrato de silicio.

Alternativamente, la capa de guiado puede estar incrustada en la capa de revestimiento, en donde la capa de guiado es una capa de nitruro de silicio Si_xN_y , y la capa de revestimiento es una capa de óxido de silicio Si_xO_y . En este caso la al menos una primera o segunda guía de ondas óptica que forma parte del circuito ópticamente pasivo puede formarse mediante grabado a través de la capa de revestimiento, preferiblemente hasta el sustrato portador.

El conjunto óptico puede comprender además un circuito ópticamente activo adicional configurado como el circuito ópticamente activo mencionado anteriormente. En tal caso, el circuito ópticamente pasivo puede configurarse para acoplarse al circuito ópticamente activo adicional de la misma manera que al circuito ópticamente activo mencionado anteriormente.

Según un segundo aspecto, la presente invención se refiere a un dispositivo óptico que comprende el conjunto óptico como se describió anteriormente, en donde el circuito ópticamente activo, y en la medida en que está presente, el circuito ópticamente activo adicional, está/están conectados de manera fija al circuito ópticamente pasivo.

Según un tercer aspecto, la presente invención se refiere a un método para fabricar el dispositivo óptico mencionado anteriormente en la medida en que el primer circuito óptico comprende una o más primeras almohadillas de contacto y una primera marca de alineación, y el segundo circuito óptico comprende además una o más segundas almohadillas de contacto y una segunda marca de alineación. Este método comprende mover mutuamente el primer circuito óptico y el segundo circuito óptico para llevar la primera y segunda marca de alineación en un registro lateral predefinido. El método comprende además la etapa de, después de haber obtenido el registro lateral predefinido, acercar el primer y segundo circuitos ópticos sin cambiar sustancialmente el registro lateral durante cuyo movimiento el primer y segundo extremos flexibles se guían hacia dicho primer extremo de una primera guía de ondas óptica y dicho segundo extremo de una primera guía de ondas óptica por la superficie inferior y al menos una de las superficies laterales del primer y segundo rebajes ahusados, respectivamente, permitiendo de este modo un acoplamiento óptico entre dicho primer extremo flexible y dicho segundo extremo de una primera guía de ondas óptica y entre dicho segundo extremo flexible y dicho segundo extremo de una primera guía de ondas óptica. Como etapa final, el primer y segundo circuitos ópticos se conectan de manera fija conectando de manera fija una o más primeras almohadillas de contacto a las una o más segundas almohadillas de contacto.

A continuación, la presente invención se describirá con más detalle haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en donde:

las figuras 1A y 1B ilustran una sección transversal esquemática de acoplamiento de un circuito ópticamente activo a un circuito ópticamente pasivo según la presente invención;

las figuras 2A y 2B ilustran vistas superiores de acoplamiento de un circuito ópticamente activo acoplado a un circuito ópticamente pasivo según la presente invención y las figuras 2C y 2D ilustran una vista en perspectiva del rebaje ahusado y la disposición de un extremo flexible en dicho rebaje, respectivamente;

las figuras 3A y 3B ilustran un dispositivo óptico y una oblea que contiene una pluralidad de dichos dispositivos, respectivamente;

las figuras 4A-4D ilustran diferentes etapas de procesamiento para fabricar un circuito ópticamente activo según la presente invención;

las figuras 5A-5D ilustran diferentes etapas de procesamiento para fabricar un circuito ópticamente pasivo basado en tecnología de silicio sobre aislante;

las figuras 6A-6D ilustran diferentes etapas de procesamiento para fabricar un circuito ópticamente pasivo en donde las guías de ondas ópticas se forman usando una capa de nitruro de silicio incrustada en una capa de óxido de silicio; y

la figura 7A ilustra una descomposición de la dirección a lo largo de la cual un extremo flexible se extiende lejos del segundo sustrato óptico, y la figura 7B ilustra un ejemplo en el que las fuerzas ejercidas por los extremos flexibles en diferentes direcciones se compensan sustancialmente entre sí.

En la figura 1A, se muestra un conjunto 100 que comprende un circuito 10 ópticamente activo y un circuito 20 ópticamente pasivo en un estado no acoplado. El circuito 10 ópticamente activo se muestra esquemáticamente como que tiene un sustrato 11 ópticamente activo que comprende una capa 12 ópticamente activa. Aquí, se forma una primera guía de ondas óptica usando la capa ópticamente activa 12. En los extremos opuestos de esta guía de ondas, se proporciona un rebaje ahusado 13A, 13B. Además, se proporcionan primeras almohadillas 14 de contacto, que se realizan típicamente usando una o más capas metálicas. Como se muestra, una distancia entre las paredes de extremo de los rebajes ahusados 13A, 13B es igual a una distancia D2.

El circuito 20 ópticamente pasivo comprende un sustrato 21 ópticamente pasivo en el que se forman segundas guías 22 de ondas ópticas. Los rebajes 23 están dispuestos cerca de los extremos de las guías 22 de ondas. Debido a la retirada parcial del sustrato 21 por debajo de estos extremos, se forman extremos flexibles 22A, 22B que se doblan hacia arriba bajo un ángulo θ con respecto a un plano que es paralelo al sustrato 21. Adicionalmente, se proporcionan segundas almohadillas 24 de contacto, que se realizan típicamente usando una o más capas metálicas. Adicionalmente, como se muestra, una distancia entre las puntas de los extremos 22A, 22B es igual a una distancia D3. Además, una distancia entre las puntas de los extremos 22A, 22B cuando estos extremos 22A, 22B se encuentran en paralelo al sustrato 21 es igual a una distancia D1. Como se muestra, $D3 > D2 > D1$.

La figura 1B muestra el conjunto 100 en un estado acoplado. Como se muestra, los extremos 22A han sido guiados hacia las paredes de extremo de los rebajes ahusados 13A, 13B de modo que la señal óptica puede transferirse eficientemente desde la capa óptica 12 a la guía 22 de ondas. Los extremos flexibles 22A, 22B se doblan hacia arriba bajo un ángulo θ' con relación a un plano que es paralelo al sustrato 21, en donde $\theta' < 0$. En el estado desacoplado, si los extremos flexibles 22A, 22B se doblaron hacia arriba bajo el ángulo θ' , una distancia entre las puntas de los extremos 22A, 22B sería menor que D2. De esta manera, se garantiza que los extremos flexibles 22A, 22B se deformarían, preferiblemente elásticamente, al acoplar el circuito 10 ópticamente activo y el circuito ópticamente pasivo 20 ejerciendo así una fuerza sobre las superficies de extremo o paredes de los rebajes ahusados 13A, 13B.

Además, las primeras almohadillas 14 de contacto están conectadas de manera fija a las segundas almohadillas 24 de contacto, por ejemplo, por medio de una capa de soldadura intermedia o mediante una unión eutéctica. Estas almohadillas de contacto pueden usarse para transferir señales eléctricas y/o energía eléctrica a través del circuito 20 ópticamente pasivo hacia el circuito 10 ópticamente activo.

Las figuras 2A y 2B ilustran el proceso de acoplar el circuito 10 ópticamente activo al circuito 20 ópticamente pasivo en vista superior. Las figuras 2C y 2D ilustran una vista en perspectiva de rebajes ahusados 13A, 13B y la disposición de extremos flexibles 22A, 22B en rebajes 13A, 13B, respectivamente.

Como se muestra, una primera marca 15 de alineación está dispuesta en el sustrato 11 ópticamente activo. De manera similar, una segunda marca 25 de alineación está dispuesta en el sustrato 21 ópticamente pasivo. Para acoplar los circuitos 10, 20, el circuito 10 ópticamente activo se coloca en relación con el circuito 20 ópticamente pasivo usando marcas 15, 25 de alineación. Por ejemplo, el circuito 10 ópticamente activo se mueve mientras que el circuito 20 ópticamente pasivo se mantiene estacionario para llevar las marcas 15, 20 de alineación a un registro lateral predefinido. Se logra un registro lateral predefinido cuando una distancia entre las marcas 15, 20 tanto en la dirección x como en la dirección y cae dentro de un intervalo predefinido, por ejemplo, entre 45 y 48 micrómetros. En una realización particular, el intervalo tanto para la dirección x como para la dirección y está centrado alrededor de 0.

Al comparar la figura 2A, que muestra el estado desacoplado, con la figura 2B, que muestra el estado acoplado, se puede observar que los extremos 22A 22B se han llevado cerca de las guías 12 de ondas. Esto se ha logrado por los extremos 22A, 22B que se empujan por una superficie inferior de rebajes 13A, 13B y al menos una superficie lateral de la misma hacia una posición en la que los extremos 22A, 22B ejercen una fuerza de resorte sobre las superficies de extremo de los rebajes ahusados 13A, 13B. Esto se representa con más detalle en la figura 2C.

La figura 2C muestra una vista en perspectiva de una realización de un rebaje ahusado 13A. Aquí, el rebaje 13A comprende una primera parte formada por la superficie inferior 131 y superficies laterales 132. Una faceta 12A de la guía 12 de ondas sale en esta primera parte. El rebaje 13A comprende además una segunda parte formada por la superficie inferior 131, superficies laterales 133, 134 y superficie trasera 135.

La figura 2D muestra una vista superior del rebaje 13A en el que se ha dispuesto un extremo flexible 22A. Aquí, se puede ver que las superficies laterales 133, que forman un límite entre la primera y la segunda parte del rebaje 13A, se extienden sustancialmente paralelas a la faceta de extremo 12A. Además, una anchura de la primera parte, medida en la dirección x, es mayor que una anchura de la guía 12 de ondas, pero menor que una anchura del extremo flexible 22A. Por otro lado, una anchura de la segunda parte, también medido en la dirección x, es mayor que una anchura del extremo flexible 22A. Solo en la esquina entre las superficies 133, 134, la anchura de la segunda parte puede ser sustancialmente idéntica a la anchura del extremo flexible 22A. Como se muestra en la figura 2D, las superficies laterales 133 forman superficies de extremo contra las cuales presionan los extremos flexibles 22A. Además, como puede verse en la figura 2D, la luz de la guía 12 de ondas pasará a través del aire antes de entrar en el extremo flexible 22A.

La figura 3A ilustra un circuito integrado fotónico híbrido, "PIC", 200 en donde una pluralidad de circuitos 10 ópticamente activos se acopla a un único circuito 20 ópticamente pasivo. Aquí, cada uno de los circuitos 10 ópticamente activos realiza una función tal como generación de luz, amplificación, conmutación, modulación o detección, en cada una de las dos guías de ondas ópticas dispuestas en el sustrato ópticamente activo. En el circuito 20 ópticamente pasivo, las guías 22 de ondas guían las diversas señales ópticas a un filtro 30. Sería evidente para el experto en la técnica que el PIC 200 no es más que un mero ejemplo de cómo se pueden realizar diversas funciones activas en el circuito 10 ópticamente activo y cómo se pueden realizar varias funciones pasivas en el circuito 20 ópticamente pasivo. Por lo tanto, la invención no se limita al ejemplo mostrado. Además, las funciones activas normalmente requieren energía eléctrica y/o requieren y/o producen señales eléctricas. Estas pueden transferirse entre el circuito 20 ópticamente pasivo y el circuito 10 ópticamente activo usando almohadillas 14, 24 de contacto.

La figura 3B ilustra una oblea 26 de la que son parte los sustratos 21 ópticamente pasivos. Como se muestra, los circuitos 10 ópticamente activos pueden montarse en circuitos 20 ópticamente pasivos mientras que los sustratos de los mismos todavía están conectados mutuamente. Después del procesamiento final, los PIC 200 se pueden separar mediante el uso de técnicas de troceado conocidas, como el aserrado.

Las figuras 4A-4D ilustran un proceso para fabricar un circuito 10 ópticamente activo según la invención. Aquí, se observa que para las figuras 4A-4D, la figura superior ilustra una vista en sección transversal, mientras que la figura inferior ilustra una vista superior esquemática. En cada figura inferior, se indica una línea que indica dónde se toma la vista en sección transversal.

El proceso mostrado en las figuras 4A-4D se basa en tecnología de fosfuro de indio y usa una oblea de semiconductor que comprende una pila de capas como se indica en la figura 4A. Esta pila de capas comprende un sustrato 10 de fosfuro de indio (InP) con varias capas 1-9 epitaxiales, como se indica en la tabla 1.

Tabla 1

N.º de capa en la figura 3A	Capa de descripción	N.º de capa en la figura 3A	Capa de descripción
1	InGaAs	7	InP dopado con n
3	InP dopado con p	8	capa de tope de grabado
4	capa de tope de grabado	9	InP dopado con n
5	InP dopado con p	10	Sustrato de InP
6	Capa activa		

La figura 4B ilustra una primera etapa en la que la capa 1 de contacto se retira parcialmente y en la que se ha formado una guía de ondas mediante grabado hacia abajo a la capa de tope de grabado 4. Más en particular, se utiliza una técnica de grabado para el grabado a través de la mayor parte de la capa 3. Esta etapa de grabado puede controlarse bien a medida que se detiene cuando alcanza la capa 4.

Se sigue un enfoque similar para definir un contacto a las capas de InP dopadas con n. Esto se muestra en la figura 4C. Esta misma etapa de grabado, hasta la capa 8 de tope de grabado, se utiliza para definir el rebaje ahusado 303.

Como se muestra en la figura 4D, se aplica una capa de revestimiento 304 antirreflejante, "AR", que posteriormente se abre en las posiciones donde se debe realizar un contacto óhmico. Se utiliza una capa metálica 308 estampada para realizar un contacto con la capa 1 de InGaAs, a continuación en la memoria denominada como el contacto P, y otra capa metálica 307 estampada con la capa 9 de InP dopado con n, a continuación en la memoria denominada como el contacto N. Como una etapa final, se aplica un metal de interconexión para el contacto N y el contacto P. Esto se puede realizar usando un proceso de pulverización catódica.

Las figuras 5A-5D ilustran diferentes etapas de procesamiento para fabricar un circuito ópticamente pasivo basado en tecnología de silicio sobre aislante. Este procesamiento usa una pila de capas como se ilustra en la figura 5A. Aquí, se utiliza preferiblemente un sustrato 52 de silicio de alta resistividad que está cubierto por un óxido 51 de silicio enterrado. Una capa 50 de silicio monocristalino se dispone en la parte superior del óxido de silicio enterrado. Además, se observa que para las

figuras 5A-5D, la figura superior ilustra una vista en sección transversal, mientras que la figura inferior ilustra una vista superior esquemática. En cada figura inferior, se indica una línea que indica dónde se toma la vista en sección transversal.

Como primera etapa, mostrada en la figura 5B, una capa 400 de nitruro de silicio Si_xN_y se deposita para introducir suficiente deformación por tracción para hacer que los extremos de las guías de ondas se formen para doblarse hacia arriba. Esta capa se retira de otras partes del circuito.

Como una segunda etapa, también mostrada en la figura 5B, se realiza un grabado poco profundo sobre la capa 50 de silicio para definir una guía de ondas de cresta en la misma. Más en particular, se define un rebaje poco profundo 53. Como etapa siguiente, también mostrada en la figura 5B, un rebaje 54 relativamente profundo se graba dentro del rebaje 53 hacia abajo a la capa de 51 óxido de silicio enterrada. Posteriormente, como se muestra en la figura 5C, se aplica una capa 401 de revestimiento antirreflejante. La metalización 402 se aplicará para encaminar la potencia y/o las señales eléctricas hacia y desde el circuito ópticamente activo que se va a conectar al circuito ópticamente pasivo. A continuación, se aplica un metal 403 galvanizado relativamente grueso para lograr una baja resistencia óhmica y para permitir la unión eutéctica. Luego, en la figura 5D, se define una abertura 55A seguida de una etapa de grabado en seco para grabar a través de la capa 401 de revestimiento antirreflejante y la capa 51 de óxido enterrada. Como etapa final, se realiza un grabado anisotrópico para retirar el sustrato 52 de silicio por debajo de un extremo de la guía de ondas. El grabado anisotrópico generará una cavidad 55. Debido a la deformación residual en esta guía de ondas, formada en la figura 5D mediante las capas 400, 50, 51, el extremo se doblará hacia arriba y lejos del sustrato 52 de silicio, similar a lo que se muestra en las figuras 1A y 1B. Al garantizar que la anchura w del extremo de la guía de ondas sea comparable a su altura h , se puede evitar la torsión en el extremo de la guía de ondas provocada por el encaje con el rebaje ahusado durante el proceso de alineación del extremo de la guía de ondas a las guías de ondas en el circuito ópticamente activo como se muestra en las figuras 1-2.

Las figuras 6A-6D ilustran diferentes etapas de procesamiento para fabricar un circuito ópticamente pasivo en donde las guías de ondas ópticas se forman usando una capa de nitruro de silicio incrustada en una capa de óxido de silicio. Se observa que para las figuras 6A-6D, la figura superior ilustra una vista en sección transversal, mientras que la figura inferior ilustra una vista superior esquemática. En cada figura inferior, se indica una línea que indica dónde se toma la vista en sección transversal.

Como se muestra en la figura 6A, se usa un sustrato 71 de silicio encima del cual una capa 70A de óxido de silicio Si_xO_y se hace crecer térmicamente, lo que actuará como una capa de revestimiento. A continuación, se deposita una capa 72 de nitruro de silicio Si_xN_y que actuará como una capa de guiado. Después de definir la guía de ondas usando grabado, se hace crecer una capa 70B de óxido de silicio Si_xO_y adicional. De esta manera, la capa 72 de guía está completamente incrustada en la capa 70A, 70B de revestimiento.

Como etapa siguiente, mostrada en la figura 6B, una capa 73 de Si_xN_y , que introduce deformación por tracción, se deposita solo en aquellas posiciones donde se deben definir los extremos de flexión hacia arriba de las guías de onda. Además, la guía de ondas óptica se define grabando a través de las capas 70A, 70B de revestimiento hasta el sustrato 71 de silicio.

Como etapa siguiente, mostrada en la figura 6C, se aplican una capa AR 74 y metales 75, 76. Como se muestra en la figura 6D, se crea una abertura 77A en la capa AR 74 para el grabado anisotrópico subsiguiente del sustrato 71 como se muestra en la figura 6E. Después de grabar el sustrato 71, se forma una cavidad 77 y el extremo de la guía de ondas se doblará hacia arriba.

La figura 7A ilustra una descomposición de la dirección a lo largo de la cual un extremo flexible se extiende lejos del segundo sustrato óptico, y la figura 7B ilustra un ejemplo en el que las fuerzas ejercidas por los extremos flexibles en diferentes direcciones se compensan sustancialmente entre sí.

En la figura 7A, se muestra un extremo flexible 80 que se extiende con respecto al plano x-y, plano que es paralelo al sustrato 21 ópticamente pasivo. La dirección a lo largo de la cual se extiende el extremo flexible 80 puede descomponerse en un componente $c2$ que es paralelo al plano x-y, y en un componente $c1$ que es perpendicular al plano x-y. A su vez, el componente paralelo $c2$ se puede descomponer en un segundo componente $c2_1$ a lo largo del eje x, y un tercer componente $c2_2$ a lo largo del eje y.

La descomposición mostrada en la figura 7A puede realizarse para cada extremo flexible. Por ejemplo, la figura 7B ilustra un circuito 86 ópticamente activo que está montado en un circuito 85 ópticamente pasivo. El circuito 85 ópticamente pasivo comprende cuatro extremos flexibles 80 correspondientes a cuatro guías 81 de ondas. Además, el circuito 86 ópticamente pasivo comprende cuatro rebajes ahusados 84 por los cuales los extremos flexibles 80 están acoplados ópticamente a las guías 82 de ondas en el circuito 86 ópticamente activo. El circuito 86 ópticamente activo comprende además un componente activo 83 que genera o actúa sobre señales ópticas en guías 82 de ondas.

Cada uno de los extremos flexibles 80 se extiende lejos del sustrato ópticamente pasivo a lo largo de una dirección diferente. Aplicando el esquema de descomposición de la figura 7A, se puede verificar que los componentes paralelos correspondientes a estas direcciones diferentes, cuando se añaden juntos, se cancelarían sustancialmente entre sí. De esta manera, se puede asegurar que el circuito 86 ópticamente activo se sujete mediante un circuito 85 ópticamente pasivo de una manera sustancial simétrica.

En lo anterior, la presente invención se ha descrito usando realizaciones detalladas de la misma. Debería ser evidente que la invención no se limita a estas realizaciones, sino que son posibles diversas modificaciones sin apartarse del alcance de la invención, que está definida por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un conjunto óptico (100), que comprende:

5 un primer circuito óptico (10), que comprende:

un primer sustrato óptico (11);
al menos una primera guía (12) de ondas óptica formada en el primer sustrato óptico (11);
y
10 un primer rebaje ahusado (13A) en el primer sustrato óptico (11) dispuesto cerca de un primer extremo de una primera guía (12) de ondas óptica entre la al menos una primera guía de ondas óptica, presentando dicho primer rebaje ahusado una superficie inferior (131), una superficie (133) de extremo y un par de superficies laterales (134) que se extienden desde la superficie inferior (131); y

15 un segundo circuito óptico (20) configurado para acoplarse de manera fija al primer circuito óptico (10) y que comprende:

un segundo sustrato óptico (21);
20 al menos una segunda guía (22) de ondas óptica formada en el segundo sustrato óptico (21);
un primer rebaje (23A) debajo de un primer extremo de una segunda guía (22) de ondas óptica entre la al menos una segunda guía de ondas óptica, en donde dicho primer extremo de una segunda guía de ondas óptica (22) forma un primer extremo flexible (22A);

25 **caracterizado por que** el primer circuito óptico (10) comprende además un segundo rebaje ahusado (13B) dispuesto cerca de un segundo extremo de una primera guía (12) de ondas óptica entre la al menos una primera guía de ondas óptica, presentando dicho segundo rebaje ahusado (13B) una superficie inferior, una superficie de extremo y un par de superficies laterales que se extienden desde la superficie inferior, y por que el segundo circuito óptico (20) comprende además
30 un segundo rebaje (23B) debajo de un segundo extremo de una segunda guía (22) de ondas óptica entre la al menos una segunda guía de ondas óptica;
en donde dicho segundo extremo de una segunda guía (22) de ondas óptica forma un segundo extremo flexible (22B), respectivamente, en donde el primer y el segundo extremos flexibles (22A, 22B) se extienden lejos del segundo sustrato óptico (21) a lo largo de direcciones al menos
35 parcialmente opuestas en ausencia de fuerzas externas que actúan sobre el mismo;
en donde dicho primer y segundo extremos flexibles (22A, 22B) están configurados para recibirse en el primer y segundo rebajes ahusados (13A, 13B), respectivamente, con el fin de permitir que el primer y segundo extremos flexibles (22A, 22B) ejerzan una fuerza de resorte sobre la superficie
40 de extremo del primer y segundo rebajes ahusados (13A, 13B), respectivamente, cuando se acoplan de manera fija el primer y segundo circuitos ópticos (10, 20);
en donde, cuando el primer y segundo circuitos ópticos (10, 20) están conectados de forma fija, la primera guía (12) de ondas óptica que tiene el primer rebaje ahusado (13A) dispuesto cerca de su primer extremo se acopla ópticamente a través de la superficie (133) de extremo del primer rebaje
45 ahusado (13A) a la segunda guía (22) de ondas óptica que tiene el primer rebaje (23A) dispuesto cerca de su primer extremo y la primera guía (12) de ondas óptica que tiene el segundo rebaje ahusado (13B) dispuesto cerca de su segundo extremo se acopla ópticamente a través de la superficie de extremo del segundo rebaje ahusado (13B) a la segunda guía (22) de ondas óptica que tiene el segundo rebaje (23B) dispuesto cerca de su segundo extremo; y
50 en donde el primer circuito óptico (10) es uno entre un circuito ópticamente activo y un circuito ópticamente pasivo y en donde el segundo circuito óptico (20) es el otro entre el circuito ópticamente activo y un circuito ópticamente pasivo.

2. El conjunto óptico según la reivindicación 1, en donde el primer circuito óptico es un circuito ópticamente activo, y en donde el segundo circuito óptico es un circuito ópticamente pasivo; y/o

55 en donde dicho primer extremo de una primera guía de ondas óptica y dicho segundo extremo de una primera guía de ondas óptica son extremos en lados opuestos de una misma primera guía de ondas óptica, o en donde dicho primer extremo de una primera guía de ondas óptica y dicho
60 segundo extremo de una primera guía de ondas óptica son extremos de diferentes primeras guías de ondas ópticas, estando dispuestas dichas primeras guías de ondas ópticas diferentes preferiblemente en paralelo;
en donde al menos un elemento pasivo del grupo de elementos pasivos que consiste en una guía de ondas, un filtro, un combinador, un convertidor de polarización y un divisor, se implementa
65 preferiblemente en el circuito ópticamente pasivo.

3. El conjunto óptico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el primer circuito óptico comprende además una o más primeras almohadillas (14) de contacto y una primera marca (15) de alineación, y en donde el segundo circuito óptico comprende además una o más segundas almohadillas (24) de contacto y una segunda marca (25) de alineación;

en donde la una o más primeras almohadillas de contacto están configuradas para conectarse de manera fija a la una o más segundas almohadillas de contacto;
 en donde la una o más primeras almohadillas de contacto y la una o más segundas almohadillas de contacto comprenden preferiblemente en cada caso una o más capas metálicas para permitirles conectarse a través de soldadura, preferiblemente soldadura eutéctica, o unión, preferiblemente unión eutéctica, usando la aplicación simultánea de calor y presión;
 en donde el primer circuito óptico y el segundo circuito óptico están configurados de manera que, cuando el primer circuito óptico y el segundo circuito óptico se hayan movido mutuamente para llevar la primera y segunda marcas de alineación a un registro lateral predefinido, y el primer circuito óptico y el segundo circuito óptico se acercan posteriormente sin cambiar sustancialmente el registro lateral, el primer y segundo extremos flexibles se guían hacia dicho primer extremo de una primera guía de ondas óptica y dicho segundo extremo de una primera guía de ondas óptica por la superficie inferior y al menos una de las superficies laterales del primer y segundo rebajes ahusados, respectivamente, permitiendo así un acoplamiento óptico entre dicho primer extremo flexible y dicho primer extremo de una primera guía de ondas óptica y entre dicho segundo extremo flexible y dicho segundo extremo de una primera guía de ondas óptica.

4. El conjunto óptico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde una distancia entre el primer y el segundo extremos flexibles antes de que el primer y segundo circuitos ópticos se encajen entre sí es mayor que una distancia entre la superficie de extremo del primer rebaje ahusado y la superficie de extremo del segundo rebaje ahusado, y en donde una distancia entre el primer y el segundo extremos flexibles, si estos extremos están doblados para estar en línea con la segunda guía de ondas óptica correspondiente, es menor que una distancia entre la superficie de extremo del primer rebaje ahusado y la superficie de extremo del segundo rebaje ahusado.

5. El conjunto óptico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el primer y segundo extremos flexibles se extienden lejos del segundo sustrato óptico a lo largo de una primera dirección y segunda dirección, respectivamente, presentando cada una de la primera y la segunda dirección un componente paralelo al segundo sustrato óptico y un componente perpendicular al segundo sustrato óptico, en donde los componentes paralelos correspondientes al primer y segundo puntos de extremo flexibles apuntan en direcciones al menos parcialmente opuestas;
 en donde cada componente paralelo se puede dividir preferiblemente en un segundo componente a lo largo de una tercera dirección y un tercer componente a lo largo de una cuarta dirección perpendicular a la tercera dirección, en donde el segundo componente correspondiente a la primera dirección es opuesto al segundo componente correspondiente a la segunda dirección y/o en donde el tercer componente correspondiente a la primera dirección es opuesto al tercer componente correspondiente a la segunda dirección.

6. El conjunto óptico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende una pluralidad de dichos primeros rebajes ahusados para una pluralidad correspondiente de primeras guías de ondas ópticas, una pluralidad de dichos segundos rebajes ahusados para una pluralidad correspondiente de primeras guías de ondas ópticas, una pluralidad de dichos primeros extremos flexibles para una pluralidad correspondiente de segundas guías de ondas ópticas, y una pluralidad de dichos segundos extremos flexibles para una pluralidad correspondiente de segundas guías de ondas ópticas, cada primer y segundo extremo flexible está configurado para recibirse en un primer y segundo rebajes ahusados respectivos, respectivamente, el primer y segundo extremos flexibles se extienden en cada caso lejos del segundo sustrato óptico a lo largo de una primera dirección respectiva y una segunda dirección respectiva, respectivamente, presentando cada una de la primera y segunda dirección respectiva un componente paralelo al segundo sustrato óptico y un componente perpendicular al segundo sustrato óptico;

en donde cada componente paralelo respectivo puede dividirse en un segundo componente a lo largo de una tercera dirección y un tercer componente a lo largo de una cuarta dirección perpendicular a la tercera dirección;
 en donde una suma de los segundos componentes y/o una suma de los terceros componentes es sustancialmente cero.

7. El conjunto óptico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
 en donde la al menos una segunda guía de ondas óptica comprende una primera capa dispuesta en una segunda capa;
 en donde, cuando el primer y segundo circuitos ópticos están conectados de forma fija, la primera capa está dispuesta entre la segunda capa y el primer sustrato óptico;

en donde la primera capa está bajo deformación por tracción con respecto a la segunda capa o en donde la segunda capa está bajo deformación compresiva con respecto a la primera capa; en donde la primera capa se proporciona preferiblemente solo en la segunda capa en una región correspondiente al primer y segundo extremos flexibles; y/o en donde, preferiblemente:

un ángulo máximo de inclinación del primer y segundo extremos flexibles en relación con un plano paralelo al segundo sustrato óptico se encuentra en un intervalo entre 1 y 45 grados, y más preferiblemente entre 3 y 30 grados; y/o una longitud del primer y segundo extremos flexibles se encuentra en un intervalo entre 50 y 1000 micrómetros; y/o una anchura del primer y segundo extremos flexibles se encuentra en un intervalo entre 0,5 y 20 micrómetros, y en donde un espesor del primer y segundo extremos flexibles se encuentra dentro de un intervalo entre 50 y 150 por ciento de la anchura del primer y segundo extremos flexibles, respectivamente; y/o una anchura de la al menos una primera guía de ondas óptica se encuentra en un intervalo entre 0,1 y 10 micrómetros, y en donde un espesor de la al menos una primera guía de ondas óptica se encuentra en un intervalo entre 0,1 y 5 micrómetros.

8. El conjunto óptico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde al menos un elemento activo del grupo de elementos activos que consiste en un láser, un amplificador óptico semiconductor, un modulador de fase, un modulador de amplitud y un fotodetector se implementa en el circuito ópticamente activo; en donde, en la medida en que depende de la reivindicación 3, el circuito ópticamente activo comprende uno o más terminales eléctricos conectados a dicho al menos un elemento activo para recibir o emitir una señal eléctrica y/o para recibir energía eléctrica, en donde al menos uno entre dicho uno o más terminales eléctricos está conectado y/o formado por una primera almohadilla de contacto respectiva entre la una o más primeras almohadillas de contacto.

9. El conjunto óptico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde dicha primera guía de ondas óptica entre la al menos una primera guía de ondas óptica termina en el primer y/o segundo rebaje ahusado;

en donde una faceta de extremo de la primera guía de ondas óptica que se dispone cerca del primer o segundo rebaje ahusado correspondiente forma preferiblemente la superficie de extremo de ese rebaje ahusado; o

en donde el primer y/o segundo rebaje ahusado correspondiente comprende preferiblemente:

un primer segmento en el que dicha primera guía de ondas óptica entre la al menos una primera guía de ondas óptica termina, primer segmento que es más ancho que una última parte de esa primera guía de ondas óptica pero menor que el primer o segundo extremo flexible de la segunda guía de ondas óptica correspondiente que se va a recibir en dicho primer o segundo rebaje ahusado; un segundo segmento conectado al primer segmento, segundo segmento que es más ancho tanto que el primer segmento como el primer o segundo extremo flexible de la segunda guía de ondas óptica correspondiente que se va a recibir en dicho primer o segundo rebaje estrechado;

en donde un límite entre el primer y el segundo segmentos está configurado para formar la superficie de extremo del primer o segundo rebaje ahusado correspondiente contra el cual el primer o segundo extremo flexible de la segunda guía de ondas óptica correspondiente que se va a recibir en dicho primer o segundo rebaje ahusado correspondiente se apoya después de haberse conectado la una o más primeras y segundas almohadillas de contacto de manera fija.

10. El conjunto óptico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el circuito ópticamente activo comprende además un primer anillo de contacto dispuesto alrededor de la al menos una primera guía de ondas óptica, y en donde el circuito ópticamente pasivo comprende además un segundo anillo de contacto dispuesto alrededor de la al menos una segunda guía de ondas óptica, en donde el primer y segundo anillos de contacto están configurados para conectarse de manera fija entre sí con el fin de proporcionar un sellado para la al menos una primera guía de ondas óptica y la al menos una segunda guía de ondas óptica; en donde el primer y el segundo anillos de contacto comprenden en cada caso una o más capas metálicas para permitirles conectarse a través de soldadura, preferiblemente soldadura eutéctica, o unión, preferiblemente unión eutéctica, usando la aplicación simultánea de calor y presión.

11. El conjunto óptico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el primer o segundo sustrato óptico correspondiente al circuito ópticamente activo comprende una primera capa de revestimiento que tiene un primer tipo de dopaje, una segunda capa de revestimiento que tiene un segundo tipo de dopaje diferente del primer tipo de dopaje, y una capa activa dispuesta entre la primera y segunda capa de revestimiento;

- en donde la al menos una primera o segunda guía de ondas óptica que forma parte del circuito ópticamente activo se ha formado preferiblemente grabando a través de al menos una parte de la primera capa de revestimiento; y/o
- 5 en donde el circuito ópticamente activo comprende preferiblemente un primer contacto metálico a la primera capa de revestimiento que está conectada a una primera o segunda almohadilla de contacto respectiva entre la una o más primeras o segundas almohadillas de contacto, y un segundo contacto metálico a la segunda capa de revestimiento que está conectada a una primera o segunda almohadilla de contacto respectiva entre la una o más primeras o segundas almohadillas de contacto; y/o
- 10 en donde la primera capa de revestimiento comprende preferiblemente una primera subcapa, una segunda subcapa y una primera capa de tope de grabado dispuesta entre la primera y la segunda subcapas, en donde la al menos una primera o segunda guía de ondas óptica que forma parte del circuito ópticamente activo se ha formado al grabar hasta la primera capa de tope de grabado, en donde la
- 15 segunda capa de revestimiento comprende preferiblemente una primera subcapa, una segunda subcapa y una segunda capa de tope de grabado dispuesta entre la primera y dos subcapas, en donde el segundo contacto metálico se ha formado por un grabado hasta la segunda capa de tope de grabado y una capa de metal dispuesta en la cavidad formada por dicho grabado; y/o
- 20 en donde la primera y segunda capas de revestimiento están hechas preferiblemente de fosforo de indio, arseniuro de galio o antimoniuro de galio, y/o en donde la segunda capa de revestimiento está dispuesta sobre un sustrato de fosforo de indio, arseniuro de galio o antimoniuro de galio que tiene un mismo tipo de dopaje que la segunda capa de revestimiento.
12. El conjunto óptico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el sustrato ópticamente
- 25 pasivo comprende una capa de guiado, un sustrato portador y una capa de revestimiento dispuesta entre la capa de guía y el sustrato portador;
- en donde la al menos una primera o segunda guía de ondas óptica que forma parte del circuito ópticamente pasivo se ha formado preferiblemente mediante grabado a través de la capa de revestimiento y capa de guiado, preferiblemente hasta el sustrato portador; y/o
- 30 en donde, en la medida en que depende de la reivindicación 2, el primer y el segundo extremos flexibles de dicha segunda guía de ondas óptica entre la al menos una segunda guía de ondas óptica se han formado preferiblemente al grabar parcialmente el sustrato portador debajo de la capa de revestimiento; y/o
- 35 en donde, en la medida en que depende de la reivindicación 2, el conjunto óptico preferiblemente comprende además una capa de tensión dispuesta en la capa de guiado, capa de tensión que está bajo deformación por tracción y capa de tensión que está configurada para provocar, al menos en parte, la flexión hacia arriba de la primera y segunda guía de ondas flexible, en donde la capa de tensión es preferiblemente una capa de nitruro de silicio Si_xN_y ; y/o
- 40 en donde, preferiblemente, la capa de guiado es una capa de silicio, preferiblemente una capa monocristalina, la capa de revestimiento es una capa de óxido de silicio Si_xO_y , y el sustrato portador comprende un sustrato de silicio; y/o
- 45 en donde la capa de guiado está preferiblemente incrustada en la capa de revestimiento, en donde la capa de guiado es preferiblemente una capa de nitruro de silicio SiN_x , y en donde la capa de revestimiento es preferiblemente una capa de óxido de silicio SiO_x , en donde la al menos una primera o segunda guía de ondas óptica que forma parte del circuito ópticamente pasivo se ha formado preferiblemente mediante grabado a través de la capa de revestimiento, preferiblemente hasta el sustrato portador.
- 50 13. El conjunto óptico según una de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un circuito ópticamente activo adicional configurado como dicho circuito ópticamente activo, en donde el circuito ópticamente pasivo está configurado para acoplarse al circuito ópticamente activo adicional de la misma manera que en dicho circuito ópticamente activo.
- 55 14. Un dispositivo óptico que comprende el conjunto óptico de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el circuito ópticamente activo, y en la medida en que depende de la reivindicación 13, el circuito ópticamente activo adicional está/están conectados de manera fija al circuito ópticamente pasivo.
15. Un método para fabricar el dispositivo óptico de la reivindicación 14 en la medida en que depende de la
- 60 reivindicación 3, que comprende:
- mover mutuamente el primer circuito óptico y el segundo circuito óptico para llevar la primera y segunda marca de alineación a un registro lateral predefinido; y
- 65 después de haber obtenido el registro lateral predefinido, acercar el primer y segundo circuitos ópticos sin cambiar sustancialmente el registro lateral durante cuyo movimiento el primer y segundo extremos flexibles se guían hacia dicho primer extremo de una primera guía de ondas

5

óptica y dicho segundo extremo de una primera guía de ondas óptica por la superficie inferior y al menos una de las superficies laterales del primer y segundo rebajes ahusados, respectivamente, permitiendo de este modo un acoplamiento óptico entre dicho primer extremo flexible y dicho segundo extremo de una primera guía de ondas óptica y entre dicho segundo extremo flexible y dicho segundo extremo de una primera guía de ondas óptica; y
conectar de manera fija el primer y segundo circuitos ópticos conectando de manera fija la una o más primeras almohadillas de contacto a la una o más segundas almohadillas de contacto.

10

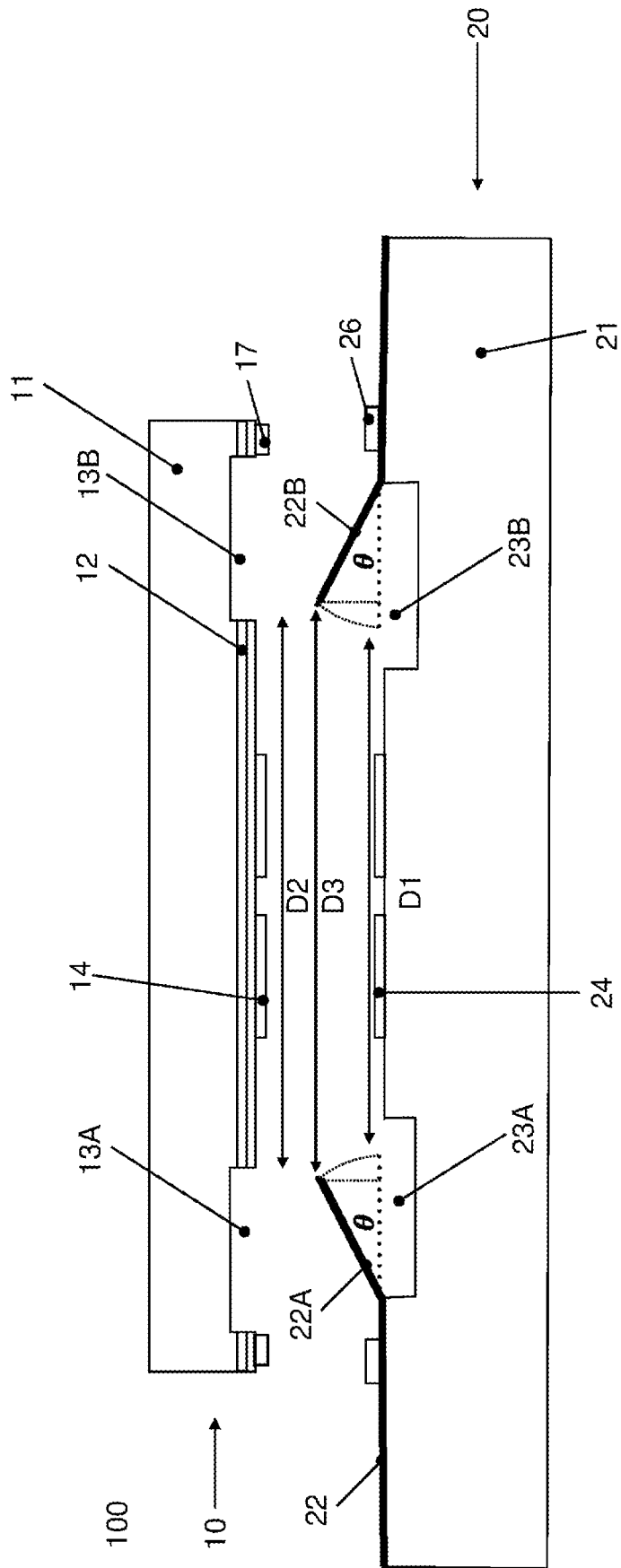


Figura 1A

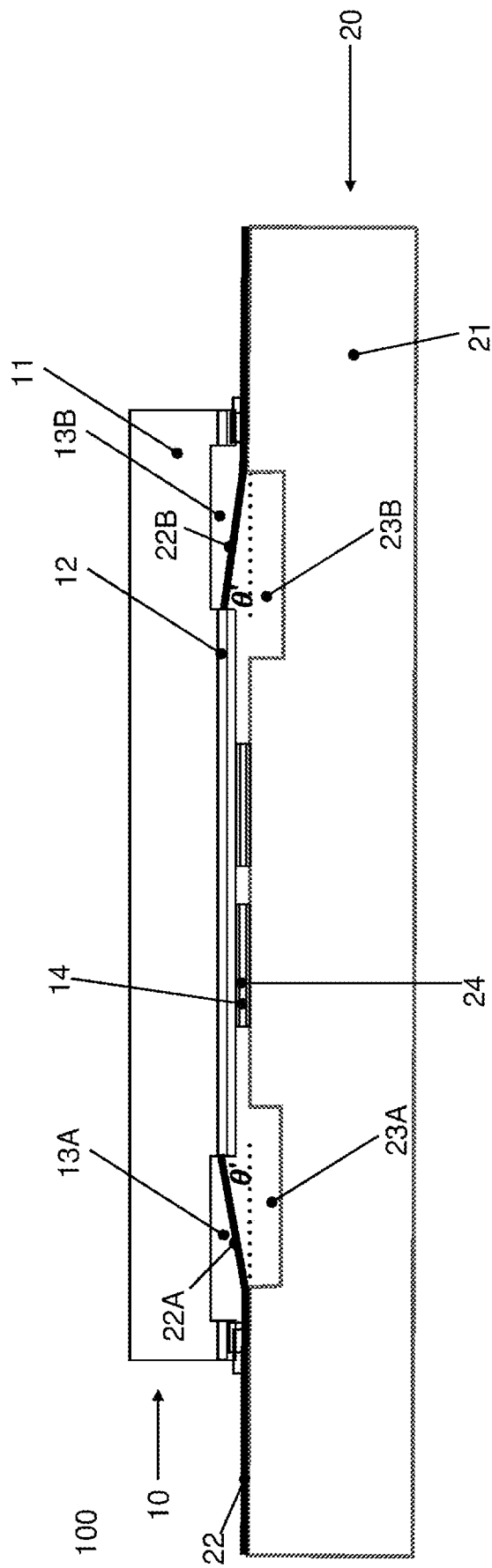


Figura 1B

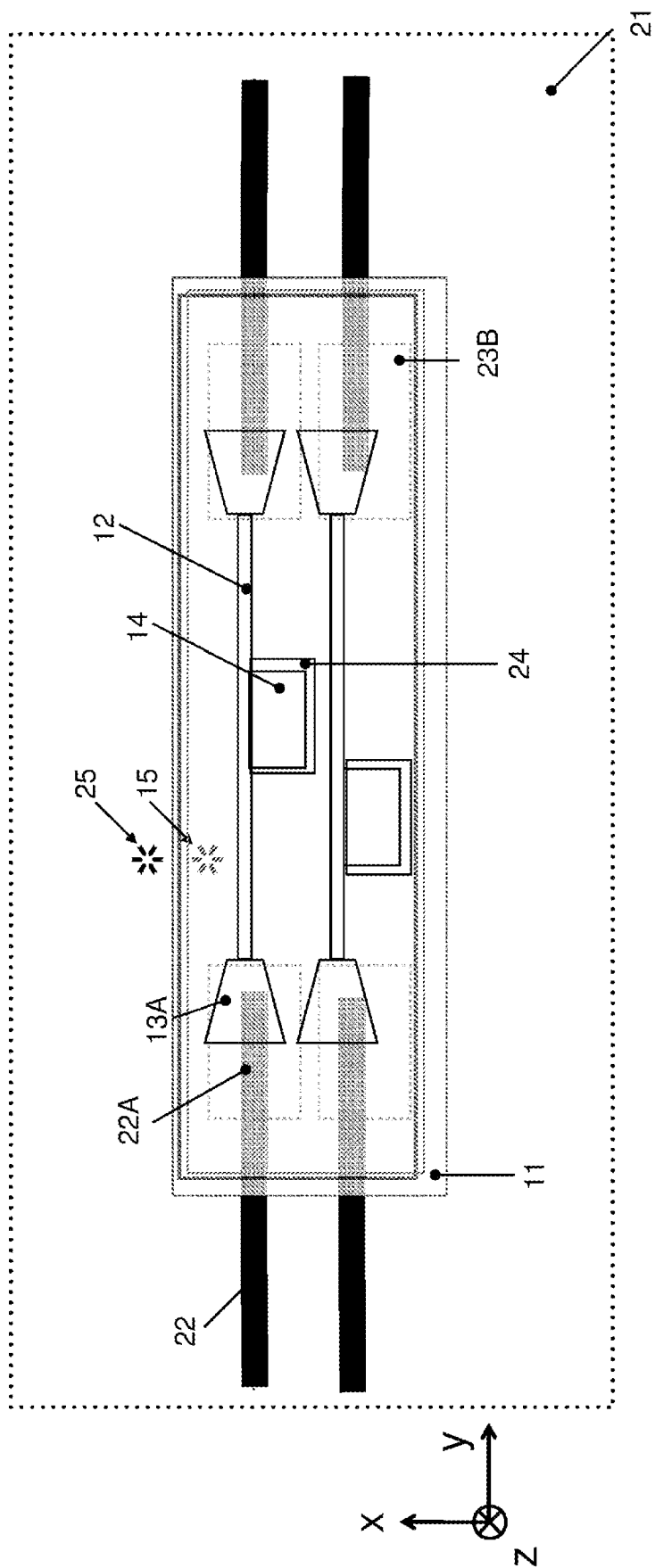


Figura 2A

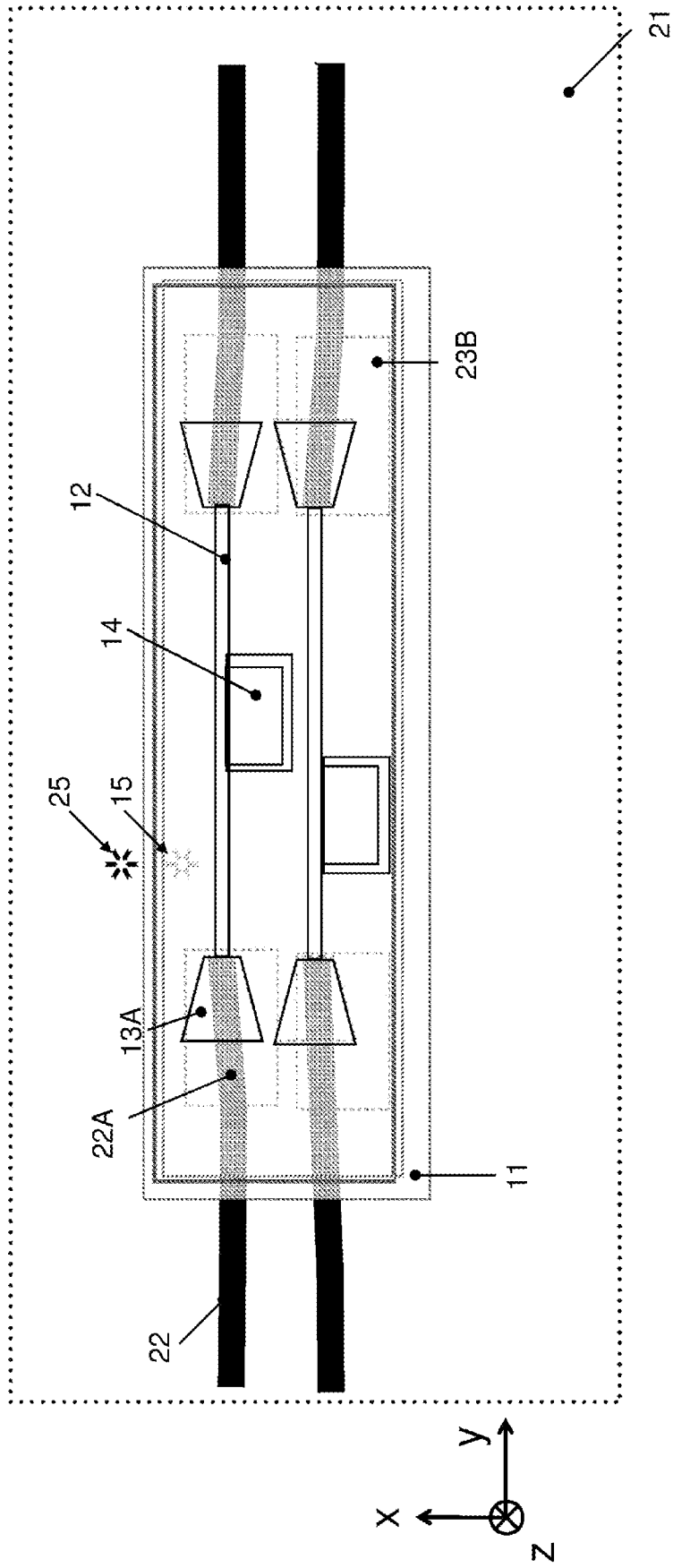


Figura 2B

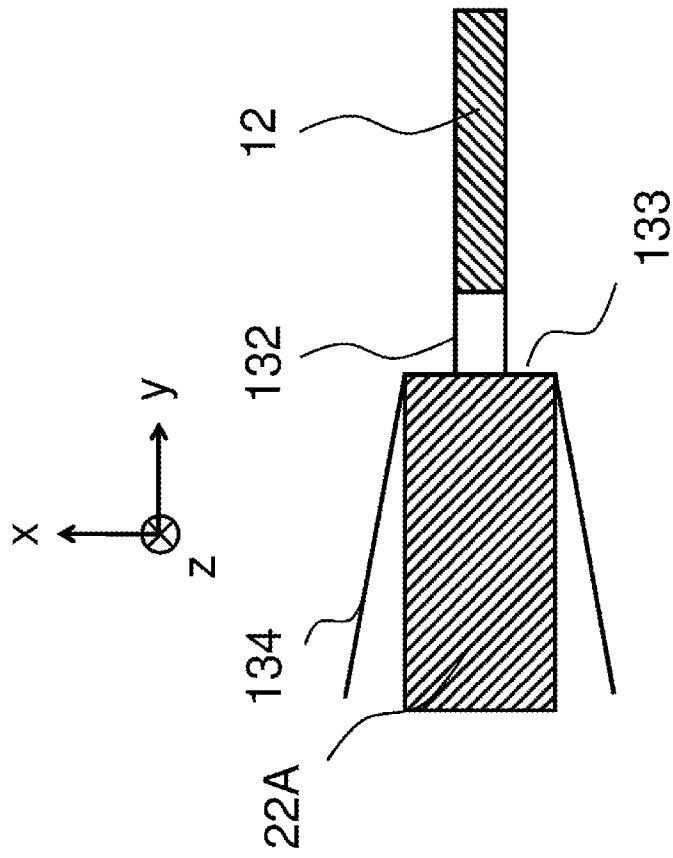


Figure 2D

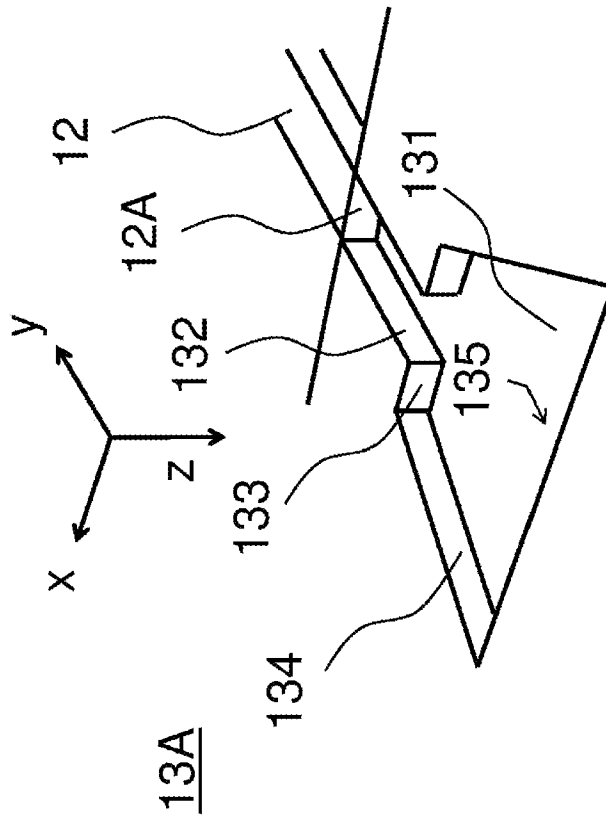


Figure 2C

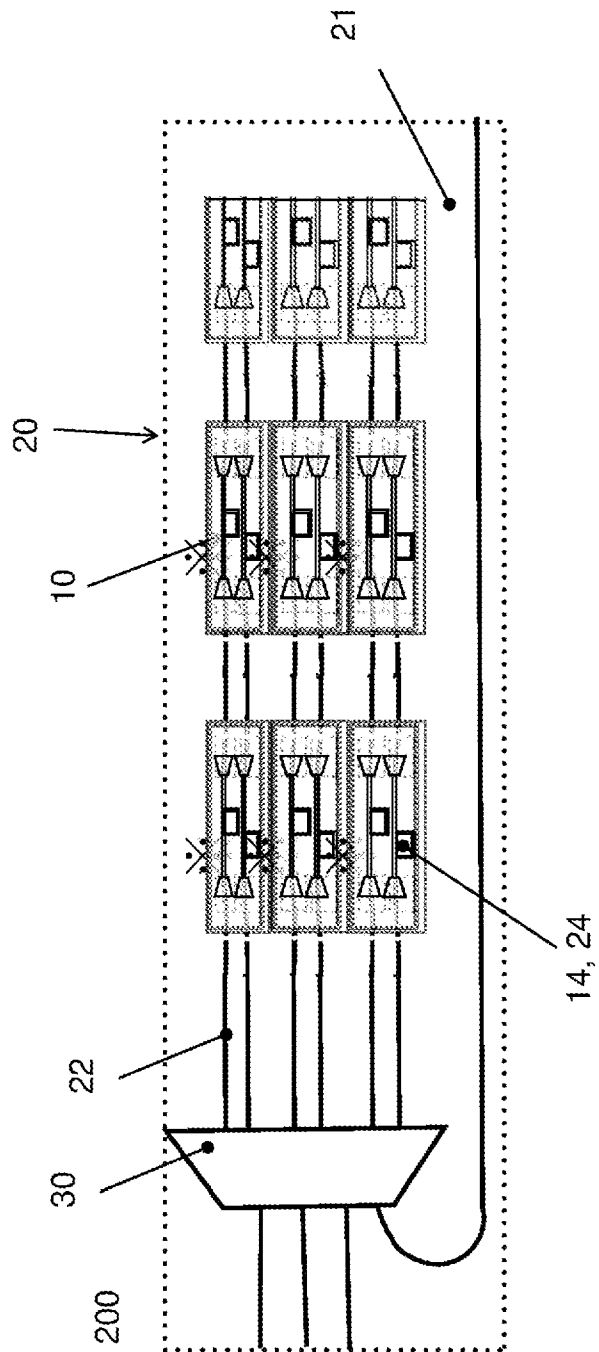


Figura 3A

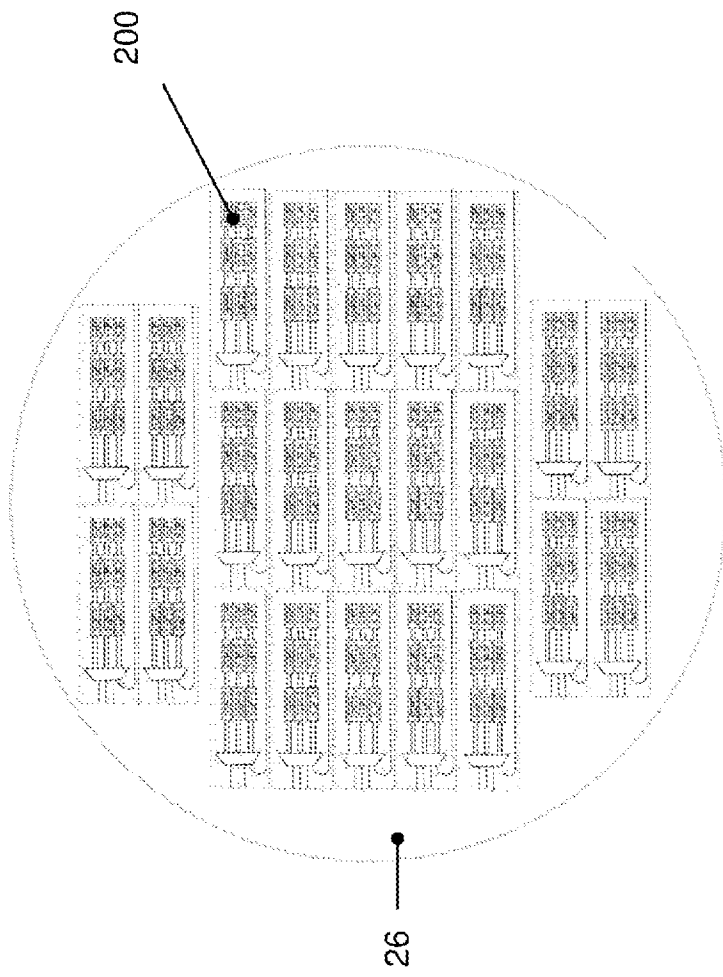


Figura 3B

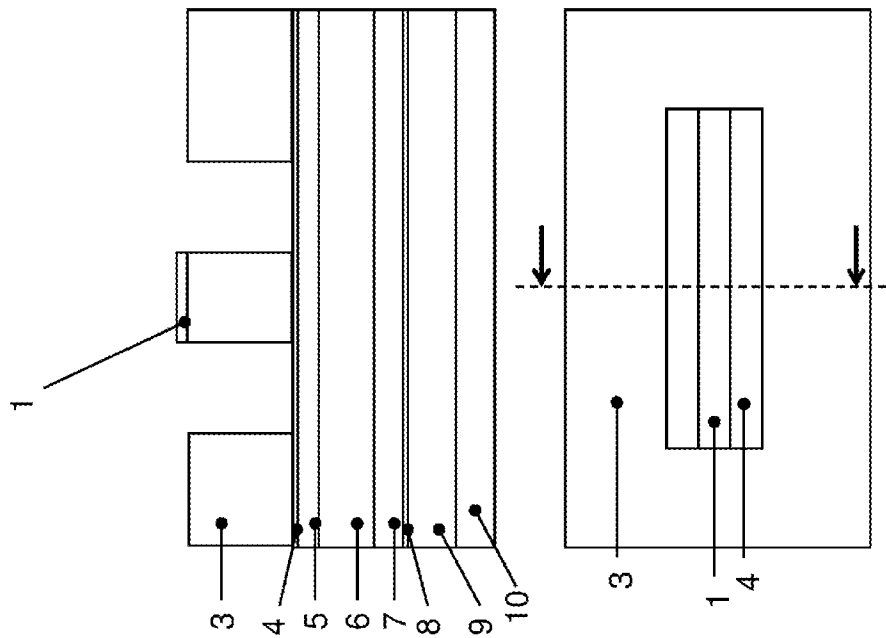


Figura 4B

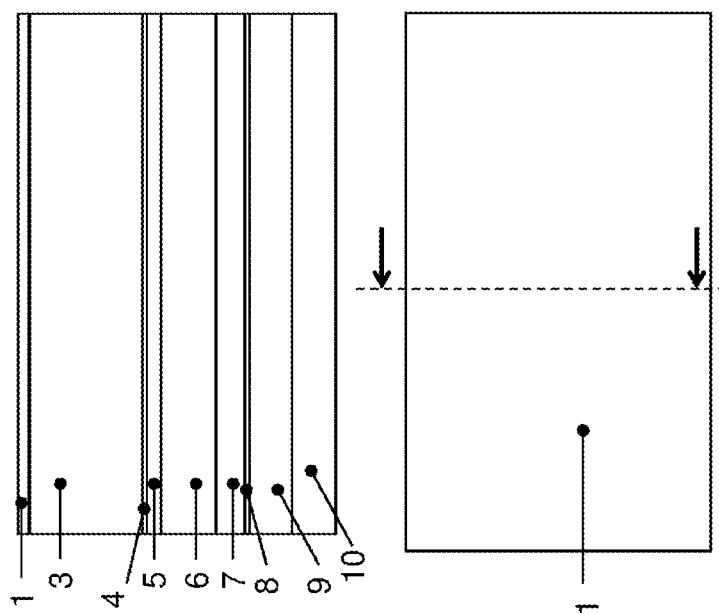


Figura 4A

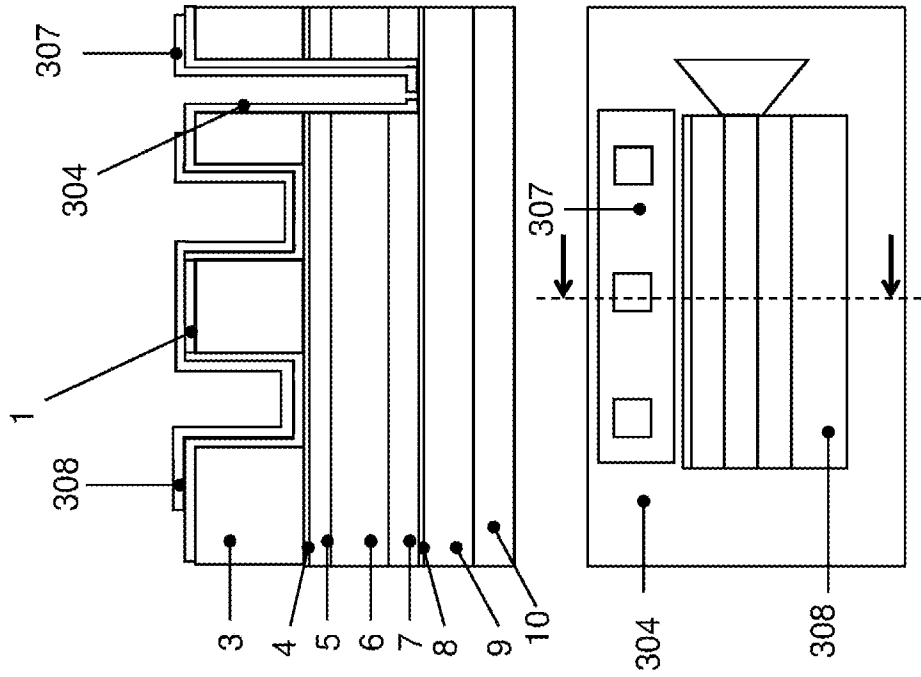


Figura 4D

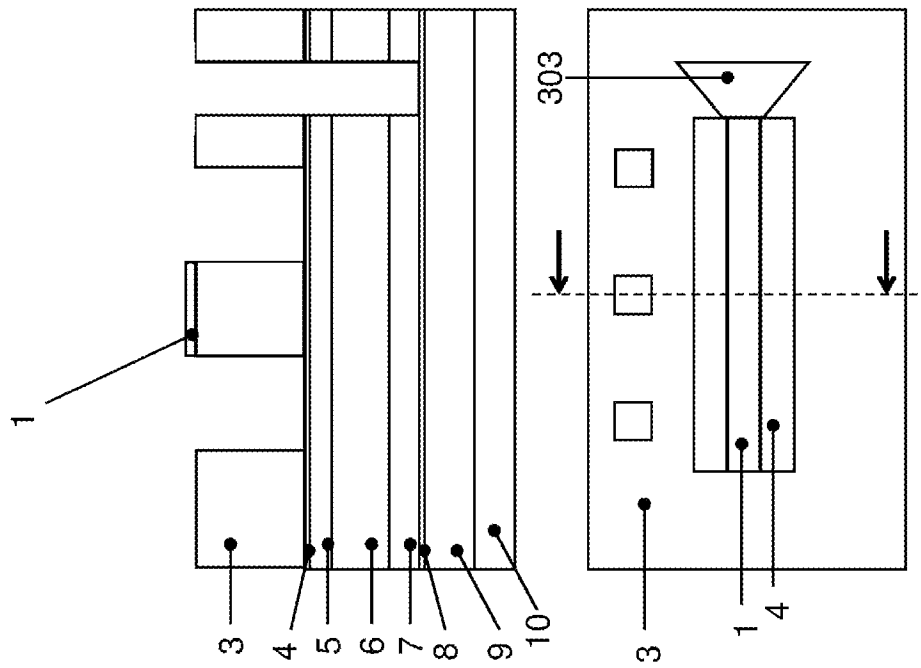


Figura 4C

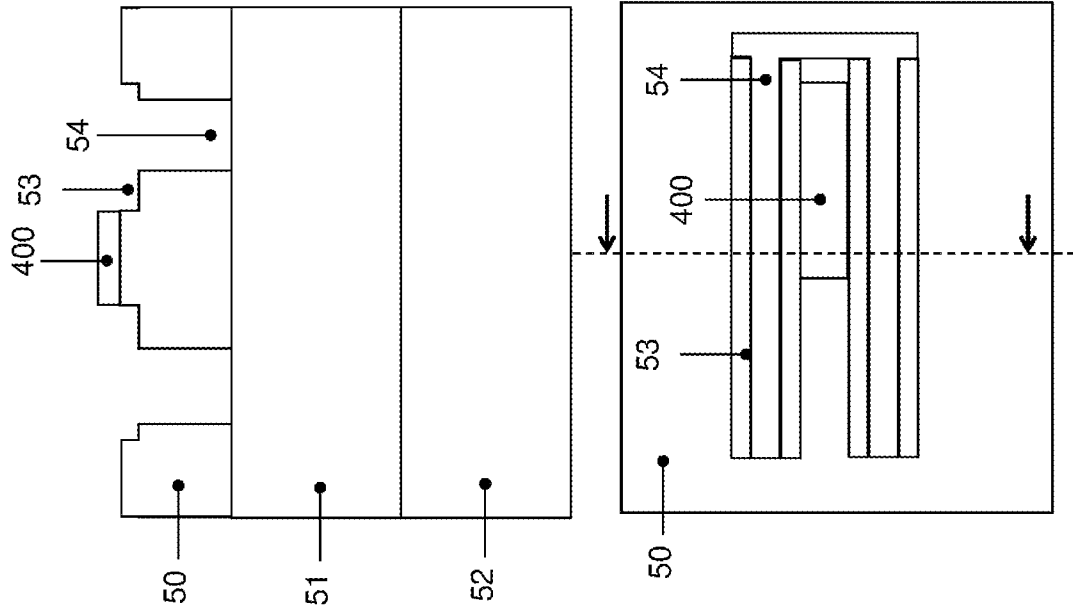


Figura 5B

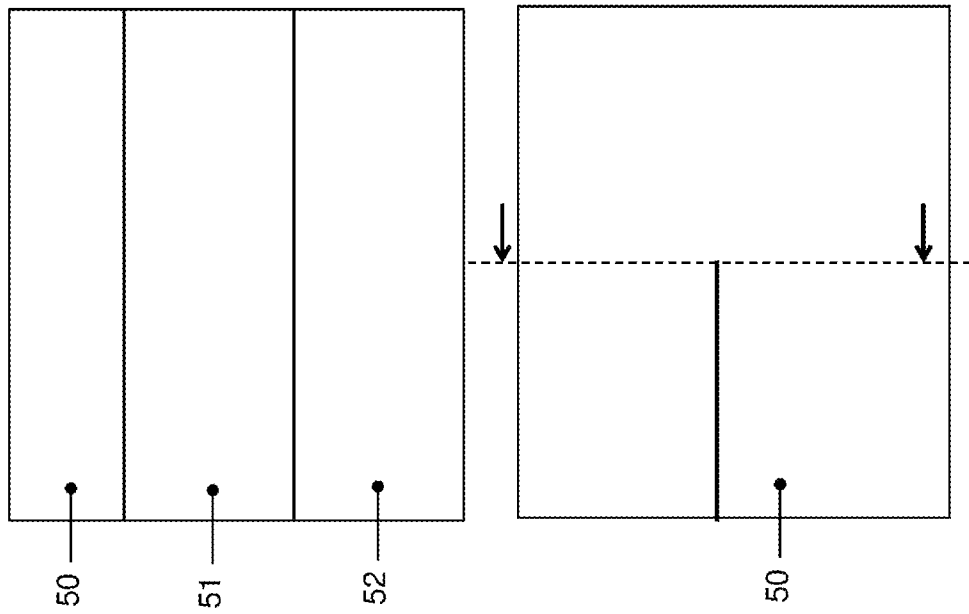


Figura 5A

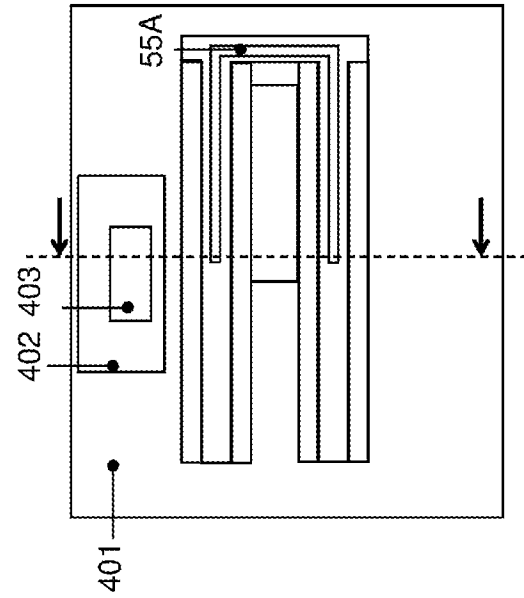
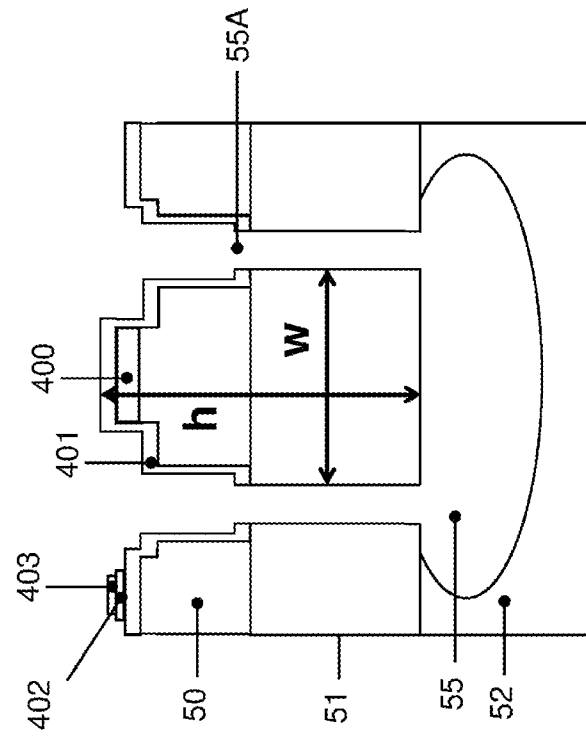


Figura 5D

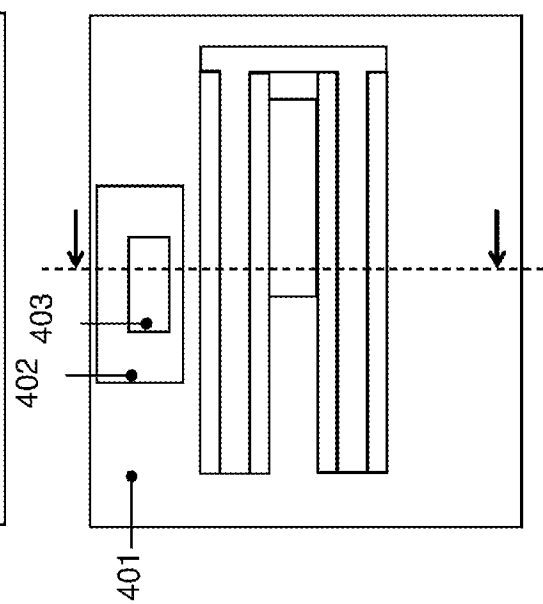
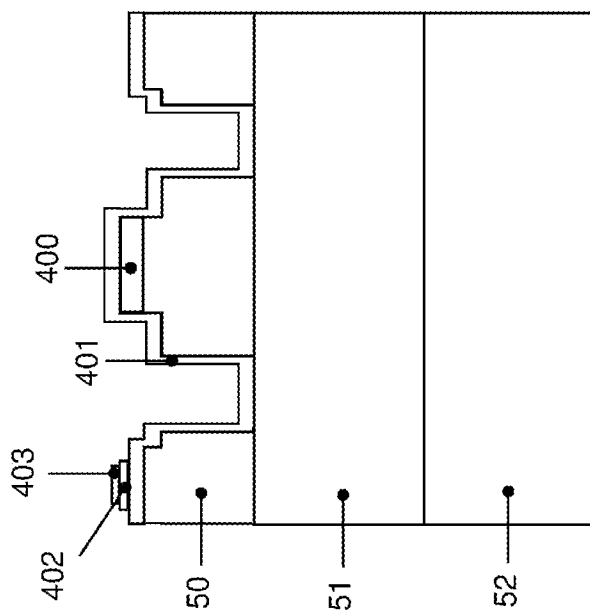


Figura 5C

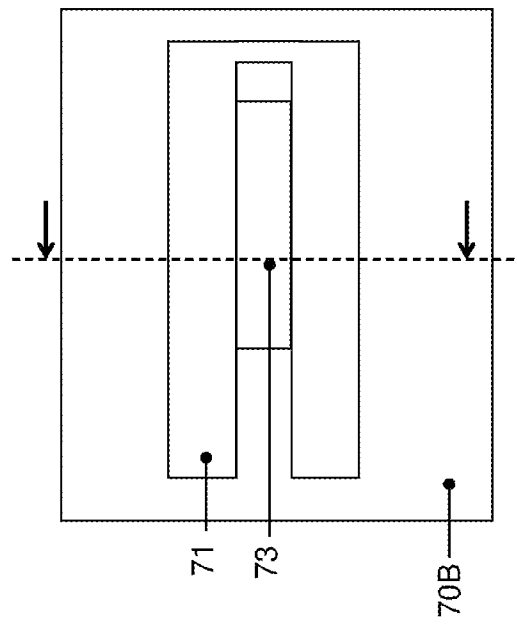
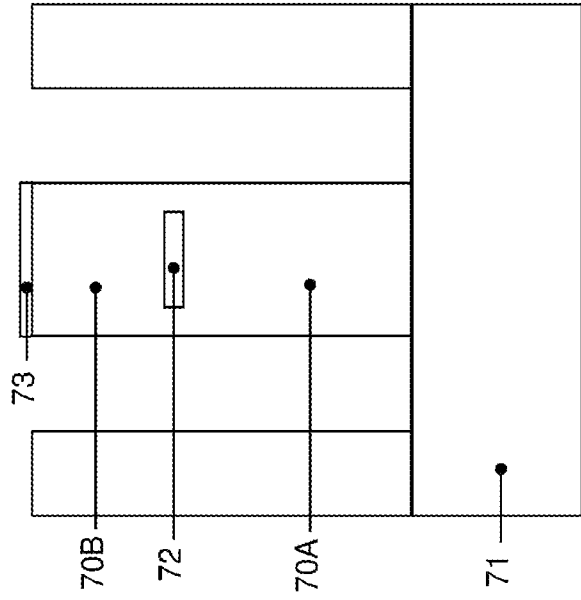


Figura 6B

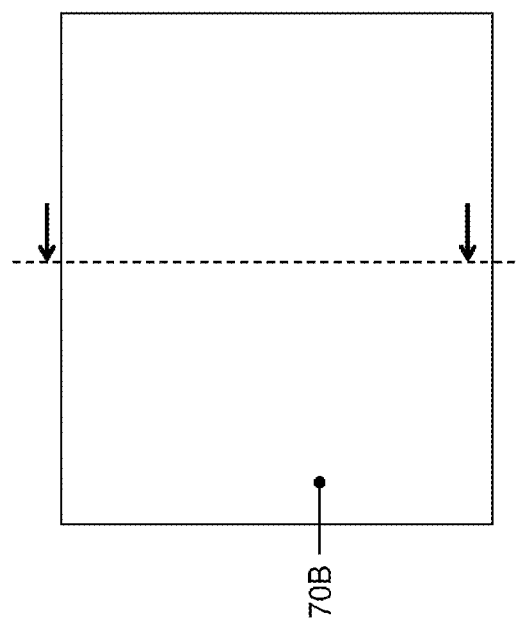
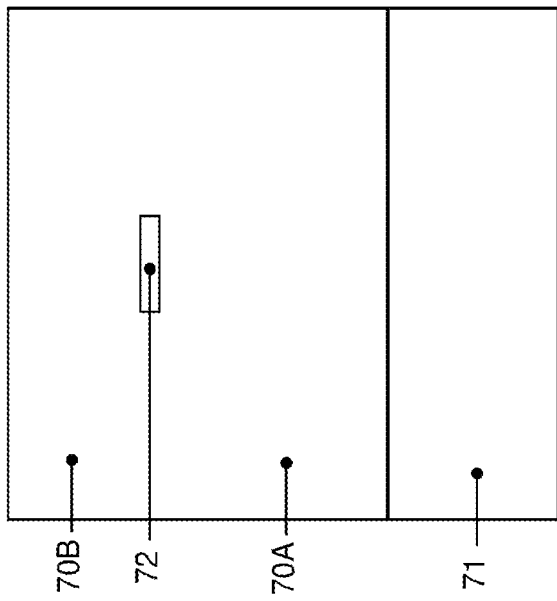


Figura 6A

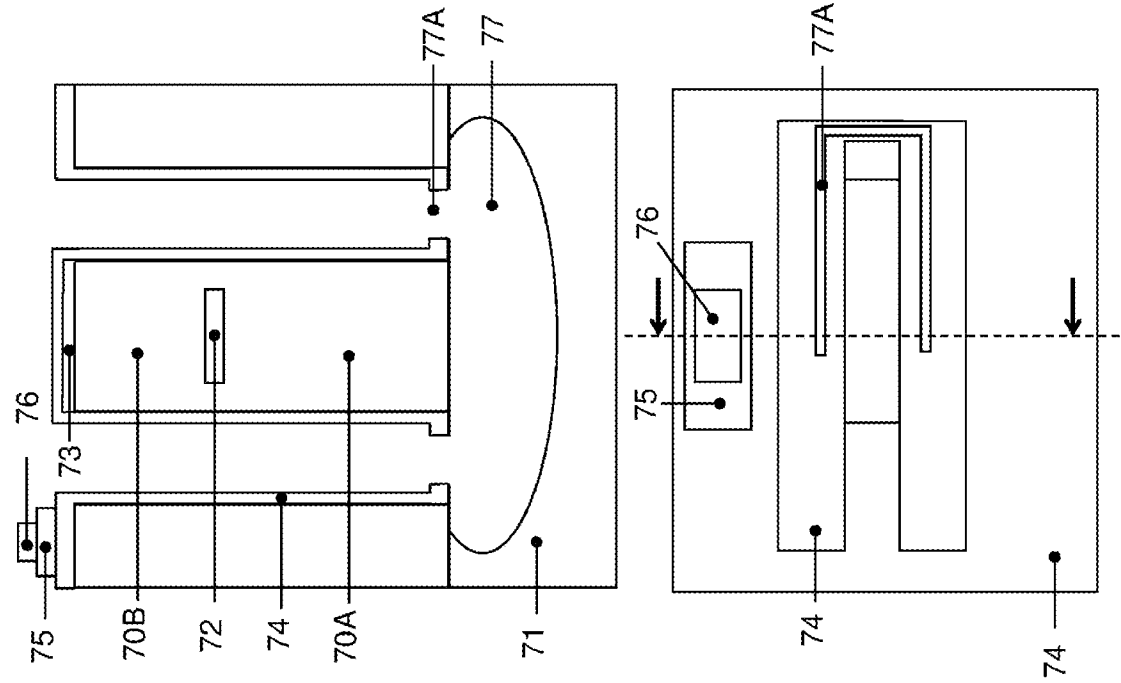


Figura 6D

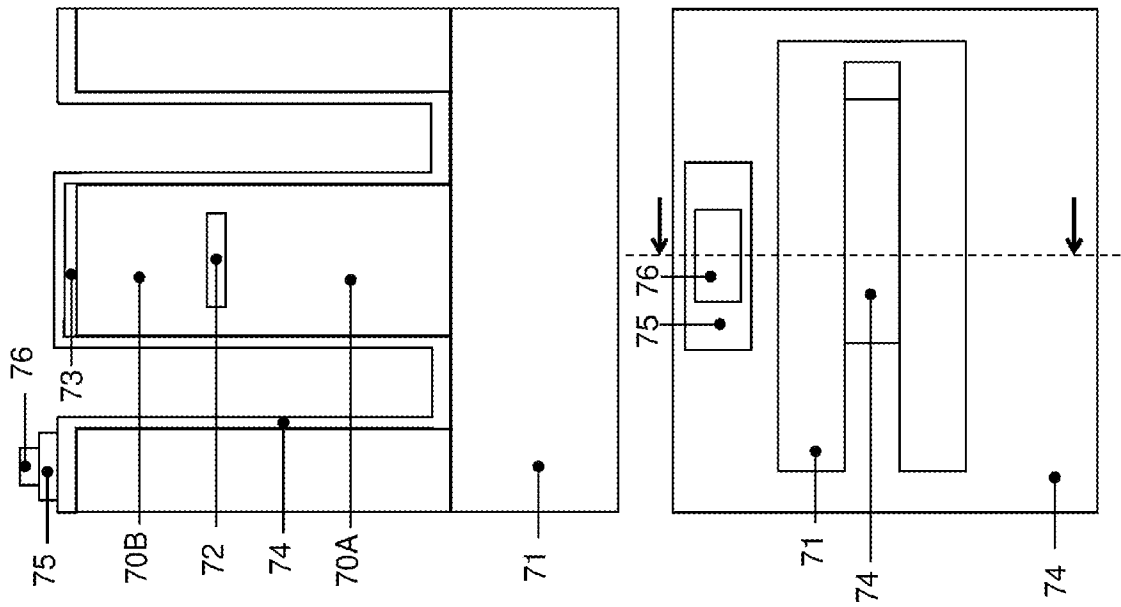


Figura 6C

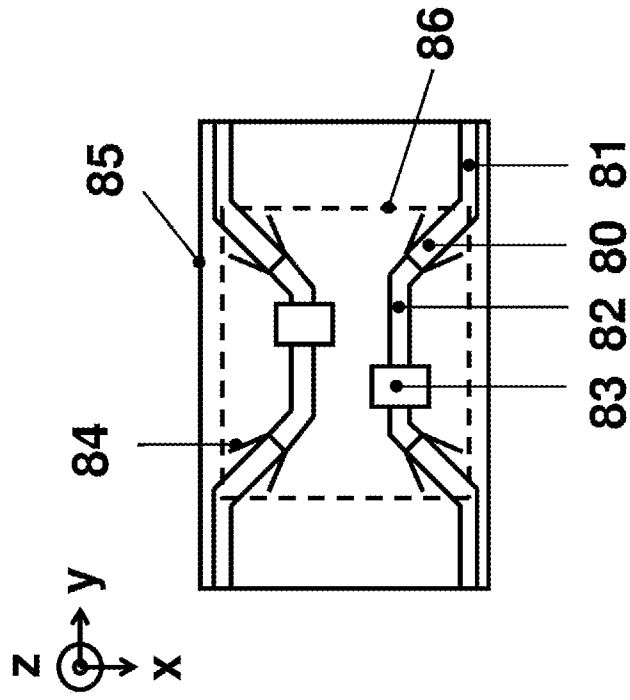


Figura 7A

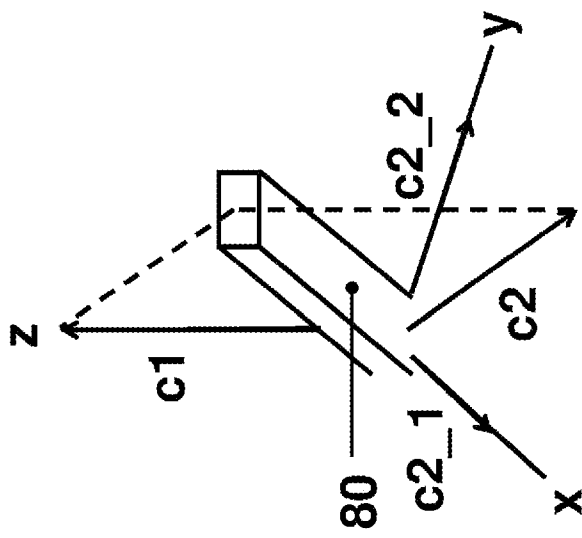


Figura 7B