

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 896 179**

51 Int. Cl.:

H01L 27/15 (2006.01)
H01L 31/00 (2006.01)
H01L 33/00 (2010.01)
H01L 33/40 (2010.01)
H01L 33/42 (2010.01)
H01L 25/075 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.05.2016 PCT/FR2016/051140**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.11.2017 WO17194845**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.05.2016 E 16730449 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.08.2021 EP 3455882**

54 Título: **Procedimiento de fabricación de un dispositivo optoelectrónico que incluye una pluralidad de diodos de nitruro de galio**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
24.02.2022

73 Titular/es:

**COMMISSARIAT À L'ENERGIE ATOMIQUE ET
AUX ENERGIES ALTERNATIVES (50.0%)
Bâtiment "Le Ponant D", 25, rue Leblanc
75015 Paris, FR y
THALES (50.0%)**

72 Inventor/es:

**TEMPLIER, FRANÇOIS;
BENAÏSSA, LAMINE y
RABAROT, MARC**

74 Agente/Representante:

SUGRAÑES, S.L.P.

ES 2 896 179 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

Procedimiento de fabricación de un dispositivo optoelectrónico que incluye una pluralidad de diodos de nitruro de galio

5 **Campo**

La presente solicitud se refiere al campo de los dispositivos optoelectrónicos. Se refiere más particularmente a un procedimiento de fabricación de un dispositivo optoelectrónico que incluye una pluralidad de diodos de nitruro de galio y un circuito electrónico para controlar estos diodos.

10

Exposición de la técnica anterior

Ya se ha propuesto un dispositivo emisor de visualización que incluye un conjunto de diodos electroluminiscentes (LED) de nitruro de galio y un circuito de control que permite dirigir individualmente los LED para visualizar imágenes.

15

Para realizar tal dispositivo, se puede prever fabricar el circuito de control y el conjunto de LED por separado, y después conectarlos entre sí para obtener el dispositivo de visualización. El circuito de control se puede integrar en y sobre un sustrato semiconductor, por ejemplo, un sustrato de silicio. A modo de ejemplo, el circuito de control se realiza con tecnología CMOS. En el lado de una de sus caras, el circuito de control puede comprender una pluralidad de zonas metálicas, estando cada zona destinada a conectarse a un electrodo de un LED del conjunto de LED, para poder dirigir los LED de forma individual. El conjunto de LED se realiza, por ejemplo, de forma monolítica sobre un sustrato de soporte, y después se incorpora al circuito de control de modo que cada LED tenga un electrodo (ánodo o cátodo) conectado a una de las zonas metálicas del circuito de control.

20

Un inconveniente de este método de fabricación radica en la necesidad de alinear con precisión el circuito de control y el conjunto de LED durante la etapa de montaje de estos dos elementos, para que cada LED esté correctamente posicionado en la zona metálica que le corresponde en el circuito de control. Esta alineación es particularmente difícil de conseguir cuando el tamaño de los píxeles disminuye y constituye un freno al aumento de la resolución y/o de la densidad de integración de los píxeles.

30

Otro planteamiento para la realización de un dispositivo optoelectrónico que incluye un conjunto de LED de nitruro de galio y un circuito de control de estos LED consiste en realizar el conjunto de LED de forma monolítica sobre un sustrato de soporte, y después depositar transistores de tipo TFT (del inglés "Thin Film Transistor" - transistor de películas delgadas) en el conjunto de LED para formar el circuito de control.

35

Una desventaja de este planteamiento reside en los rendimientos relativamente bajos y en las dispersiones de fabricación relativamente altas de los transistores TFT del circuito de control. Además, los transistores TFT son relativamente voluminosos, lo que, aquí también, limita el aumento de la resolución y/o de la densidad de integración de los píxeles. Los documentos US 2013/126890 A1, US 2015/115387 A1 y US 2015/333047 A1 describen procedimientos de fabricación de un dispositivo optoelectrónico en el que se incorpora una pila activa de diodos a un circuito integrado de control, y se forman zanjas en la pila activa para delimitar una pluralidad de diodos.

40

Resumen

De este modo, una realización proporciona un procedimiento de fabricación de un dispositivo optoelectrónico como se define en la reivindicación 1. Se definen realizaciones adicionales en las reivindicaciones dependientes 2-17.

45

Breve descripción de los dibujos

Estas características y sus ventajas, así como otras, se expondrán en detalle en la siguiente descripción de realizaciones particulares hecha a modo no limitativo en relación con las figuras adjuntas entre las cuales:

50

las figuras 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1F, 1G, 1H, 1I son vistas en sección que ilustran las etapas de un ejemplo de una realización de un procedimiento de fabricación de un dispositivo optoelectrónico;

55

la figura 2 es una vista en sección que ilustra una variante de realización del procedimiento de las figuras 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1F, 1G, 1H, 1I;

y las figuras 3A, 3B, 3C, 3D son vistas en sección que ilustran otra variante de realización del procedimiento de las figuras 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1F, 1G, 1H, 1I.

60 **Descripción detallada**

Los mismos elementos se han designado por las mismas referencias en las distintas figuras y, además, las diversas figuras no están trazadas a escala. En aras de la claridad, solo se han representado y se detallan los elementos que son útiles para la comprensión de las realizaciones descritas. En particular, no se ha detallado la realización de un circuito integrado de control de diodos de nitruro de galio, siendo las realizaciones descritas compatibles con las estructuras y procedimientos de fabricación habituales de tales circuitos de control. Además, no se ha detallado la

65

composición y la disposición de las diferentes capas de una pila activa de diodo de nitruro de galio, siendo compatibles las realizaciones descritas con las pilas activas habituales de diodo de nitruro de galio. En la descripción que sigue, salvo indicación contraria, cuando se hace referencia a unos calificativos de posición absoluta, tales como los términos "delantero", "trasero", "arriba", "abajo", "izquierda", "derecha", etc. o relativa, tales como los términos "encima", "debajo", "superior", "inferior", etc. o a unos calificativos de orientación, tales como los términos "horizontal", "vertical", "lateral", etc., se hace referencia a la orientación de las figuras correspondientes, entendiéndose que, en la práctica, los dispositivos y conjuntos descritos se pueden orientar de manera diferente. Salvo precisión contraria, las expresiones "aproximadamente", "sustancialmente" y "del orden de" significan con un 10 % de aproximación, preferentemente con un 5 % de aproximación.

Según un aspecto de una realización, para fabricar un dispositivo optoelectrónico que incluye una pluralidad de LED de nitruro de galio y un circuito electrónico de control de estos LED, se prevé:

en primer lugar, realizar el circuito de control en forma de circuito integrado que incluye, en una cara, una pluralidad de zonas metálicas destinadas a conectarse a los LED para poder controlar, por ejemplo individualmente, la corriente que fluye a través de los LED;

luego incorporar en la cara del circuito de control que incluye las zonas metálicas una pila activa de LED de nitruro de galio que incluye al menos una primera y una segunda capas de nitruro de galio dopadas con tipos de conductividad opuestos, de modo que una de las primera y segunda capas de nitruro de galio de la pila esté eléctricamente en contacto con las zonas metálicas del circuito de control; luego estructurar la pila activa para delimitar los diferentes LED del dispositivo en la pila.

Una ventaja de este procedimiento de fabricación es que, durante la etapa de transferencia de la pila activa de LED de nitruro de galio al circuito de control, las posiciones de los distintos LED del dispositivo en la pila activa aún no se han definido. En consecuencia, no existe una fuerte restricción en términos de precisión de alineación durante la transferencia. La delimitación de los diversos LED en la pila activa se puede llevar a cabo mediante procedimientos de estructuración de un sustrato y de deposición de capas aislantes y conductoras sobre un sustrato, que ofrecen una precisión de alineación mucho mejor que la precisión que se puede obtener durante una transferencia de un sustrato a otro.

Las figuras 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1F, 1G, 1H, 1I son vistas en sección que ilustran las etapas de un ejemplo de una realización de un procedimiento de fabricación de un dispositivo optoelectrónico.

La figura 1A representa esquemáticamente un circuito integrado de control 110, formado previamente en y sobre un sustrato semiconductor 111, por ejemplo, un sustrato de silicio. En este ejemplo, el circuito de control 110 comprende, del lado de su cara superior, para cada uno de los LED del dispositivo, una zona metálica de conexión 113 destinada a conectarse a uno de los electrodos (ánodo o cátodo) del LED, para poder dirigir una corriente que circula en el LED y/o aplicar una tensión a los terminales del LED. El circuito de control comprende, por ejemplo, para cada LED, conectado a la zona metálica 113 dedicada al LED, una celda elemental de control que incluye uno o más transistores, que permite controlar la corriente que circula en el LED y/o una tensión aplicada a los terminales del LED. El circuito de control 110 se realiza, por ejemplo, con tecnología CMOS. Las zonas metálicas 113 pueden estar rodeadas lateralmente por un material aislante 114, por ejemplo óxido de silicio, de modo que el circuito de control 110 presente una superficie superior sustancialmente plana que comprende una alternancia de regiones metálicas 113 y de regiones aislantes 114. El contacto en los electrodos de los LED (cátodos o ánodos) no conectados a las zonas 113, se puede tomar de forma colectiva, por ejemplo en una región periférica del circuito de control 110, a través de una o más zonas de conexión (no visibles en la figura) del circuito de control 110.

La figura 1A representa además esquemáticamente una pila activa de LED de nitruro de galio 150, dispuesta en la cara superior de un sustrato de soporte 151. El sustrato de soporte 151 es, por ejemplo, un sustrato de silicio, zafiro, corindón, o cualquier otro material sobre el que se pueda depositar una pila activa de LED de nitruro de galio. En el ejemplo representado, la pila activa comprende, en orden desde la superficie superior del sustrato 151, una capa de nitruro de galio dopado de tipo N 153, una capa emisiva 155 y una capa de nitruro de galio dopado de tipo P 157. La capa emisiva 155 está formada, por ejemplo, por una pila de una o más capas emisoras, cada una de las cuales forma un pozo cuántico, por ejemplo a base de GaN, InN, InGaN, AlGaIn, AlN, AlInGaIn, GaP, AlGaP, AlInGaP, o una combinación de uno o más de estos materiales. A modo de variante, la capa emisiva 155 puede ser una capa de nitruro de galio intrínseca, es decir, no dopada intencionalmente, por ejemplo, con una concentración de donantes residuales de entre 10^{15} y 10^{18} átomos/cm³, por ejemplo del orden de 10^{17} átomos/cm³. En este ejemplo, la cara inferior de la capa emisora 155 está en contacto con la cara superior de la capa 153, y la cara superior de la capa emisora 155 está en contacto con la cara inferior de la capa 157. En la práctica, dependiendo de la naturaleza del sustrato 151, una pila de una o más capas amortiguadoras (no mostradas) puede interactuar entre el sustrato de soporte 151 y la capa de nitruro de galio 153. La pila activa 150 se deposita, por ejemplo, por epitaxia sobre el sustrato 151 de soporte.

La figura 1B ilustra una etapa de deposición, en la cara superior del circuito de control 110, de una capa metálica 116. En el ejemplo representado, la capa metálica 116 reviste sustancialmente toda la superficie superior del circuito de control 110. En particular, la capa metálica 116 está en contacto con las zonas metálicas de conexión 113 del circuito de control 110.

La figura 1B ilustra además una etapa de deposición, en la cara superior de la pila activa de diodo de nitruro de galio 150, de una capa metálica 159. En el ejemplo representado, la capa metálica 159 está dispuesta y en contacto con la cara superior de la capa de nitruro de galio 157. La capa metálica 159, por ejemplo, reviste sustancialmente toda la superficie superior de la pila activa.

La figura 1C ilustra una etapa durante la cual la pila activa de LED de nitruro de galio 150 se incorpora en la cara superior del circuito de control 110. Para ello, el conjunto que incluye el sustrato de soporte 151 y la pila activa 150 se puede dar la vuelta, y después se incorpora al circuito de control 110, para poner la cara superior (en la orientación de la figura 1B) de la capa metálica 159 en contacto con la cara superior de la capa metálica 116. En el transcurso de esta etapa, la pila activa 150 está fijada (*bonded*) al circuito de control 110. A modo de ejemplo, la fijación de la pila activa 150 al circuito de control 110 puede obtenerse mediante unión molecular entre las dos superficies puestas en contacto. A modo de variante, la fijación de las dos superficies se puede realizar mediante termocompresión, unión eutéctica, o por cualquier otro método de fijación adecuado.

La figura 1D ilustra una etapa posterior a la etapa de transferencia de la figura 1C, durante la cual se retira el sustrato de soporte 151 de la pila activa de LED de nitruro de galio 150 para exponer la cara superior de la capa de nitruro de galio 153. El sustrato 151 se retira, por ejemplo, por esmerilado y/o grabado desde su cara opuesta a la pila activa 150. A modo de variante, en el caso de un sustrato 151 transparente, por ejemplo, un sustrato de zafiro o corindón, el sustrato 151 puede separarse de la pila activa 150 por medio de un rayo láser proyectado a través del sustrato 151 desde su cara opuesta a la pila activa 150 (procedimiento del tipo *laser lift-off*). Más generalmente, se puede utilizar cualquier otro método que permita retirar el sustrato 151. Después de retirar el sustrato, se puede proporcionar una etapa de grabado adicional para retirar cualquier capa amortiguadora que quede en el lado de la cara superior de la capa de nitruro de galio 153. Además, una parte del espesor de la capa de nitruro de galio 153 puede retirarse, por ejemplo mediante grabado. Al final de esta etapa, la pila activa 150 reviste sustancialmente toda la superficie del circuito de control 110, sin discontinuidad. A modo de ejemplo, el grosor de la pila activa 150 al final del etapa de la figura 1D está comprendido entre 0,5 y 2 μm .

La figura 1E ilustra una etapa posterior a la etapa de la figura 1D, durante la cual se forman zanjas en la pila activa 150, desde su cara superior, por ejemplo, mediante litografía y luego grabado, para delimitar una pluralidad de LED de nitruro de galio 172. Cada LED 172 corresponde a una isla o meseta formada en la pila 150 y rodeada lateralmente por una zanja 170. Las zanjas 170 se extienden verticalmente sobre toda la altura de la pila 150. De este modo, cada LED 172 comprende una pila vertical que incluye, en orden desde la superficie superior de la capa metálica 159, una porción de la capa de nitruro de galio 157, correspondiente al ánodo del LED en este ejemplo, una parte de la capa emisora 155, y una parte de la capa de nitruro de galio 153, correspondiente al cátodo del LED en este ejemplo. Las zanjas 170 se pueden alinear con las marcas formadas previamente en el circuito de control 110. En el ejemplo representado, cada LED 172 se encuentra, en proyección vertical, frente a una sola zona metálica 113 del circuito de control 110. En este ejemplo, se encuentran las zanjas 170, en proyección vertical, frente a las regiones aislantes 114 de la cara superior del circuito de control 110. En el ejemplo representado, la capa metálica 159 sirve como una capa de parada de grabado durante la producción de las zanjas 170 en la pila activa 150.

La Figura 1F ilustra una etapa posterior de retirada, por ejemplo mediante grabado, de porciones de las capas metálicas 159 y 116 situadas en la parte inferior de las zanjas 170, para extender las zanjas 170 hasta las regiones aislantes 114 de la cara superior del circuito de control 110. Al final de esta etapa, los ánodos (regiones 157) de los diferentes LED 172 están eléctricamente aislados entre sí por las zanjas 170, y cada LED 172 tiene su ánodo conectado a la zona metálica 113 subyacente a través de las porciones de capas metálicas 159 y 116 restantes entre el LED y la zona 113. Esto permite el control individual de los LED por el circuito de control 110.

La figura 1G ilustra una etapa de deposición posterior, en los lados de los LED 172, de una capa aislante de pasivación 174, por ejemplo de óxido de silicio. La capa 174 se deposita, por ejemplo, sobre toda la superficie superior del conjunto mediante una técnica de deposición conforme, y después se retira solo en la cara superior de los LED 172 y en la parte inferior de las zanjas 170, por ejemplo mediante grabado anisotrópico.

La figura 1H ilustra una etapa posterior a la etapa de la figura 1G, durante la cual las zanjas 170 se llenan con un material aislante 176, por ejemplo de óxido de silicio. A modo de ejemplo, una capa de óxido de silicio lo suficientemente gruesa como para llenar las zanjas 170 se deposita sobre toda la superficie superior del conjunto, luego una etapa de planarización, por ejemplo una planarización mecanoquímica (CMP), se implementa para retirar el óxido de silicio en la superficie superior de los LED 172. Al final de esta etapa, la cara superior del conjunto es sustancialmente plana y comprende una alternancia de regiones aislantes 174, 176 y de regiones de nitruro de galio 153. Como variante, la etapa de llenado de las zanjas 170 (figura 1H) y la etapa de pasivación de los flancos de los LED (figura 1G) se pueden combinar.

La figura 1H también ilustra una etapa posterior al llenado de las zanjas 170 con el material aislante 176, durante el cual se forman una o más metalizaciones 178 en la cara superior del dispositivo, en contacto con las regiones del cátodo 153 de los LED 172. En este ejemplo, las regiones del cátodo de los LED 172 están todas conectadas a una misma metalización 178. La metalización 178 forma una rejilla que entra en contacto con, en cada uno de los LED

172, una parte periférica de la cara superior de la región del cátodo 153 del LED. Al nivel de cada uno de los LED 172, una parte central del LED, en cambio, no está cubierta por la rejilla metálica 178, para permitir el paso de la luz emitida por el LED. En efecto, en el ejemplo representado, el dispositivo de visualización está diseñado para ser observado desde el lado de su cara superior. La rejilla metálica 178 se puede conectar al circuito de control 110, por ejemplo, por medio de una o más vías (no representadas) formadas en la pila activa 150 o en el material aislante 176 de relleno de las zanjas 170, por ejemplo, en una región periférica del dispositivo.

La figura 1I ilustra una etapa posterior a la deposición de las metalizaciones 178, durante la cual una capa aislante 180, por ejemplo de óxido de silicio, se deposita sobre sustancialmente toda la superficie superior del dispositivo, para proteger las metalizaciones 178 y las porciones aparentes de la capa 153 de nitruro de galio. La capa aislante 180 se puede someter a planarización para obtener un dispositivo de visualización que presente una superficie superior sustancialmente plana.

En el ejemplo de realización descrito en relación con las figuras 1A a 1I, la deposición de las capas metálicas 116 y 159 en el circuito de control 110 y en la pila activa 150 (etapa de la figura 1B) antes de la transferencia de la pila activa 150 en el circuito de control 110 (etapa de la figura 1C) presenta varias ventajas.

En particular, las capas 116 y 159 permiten mejorar la calidad de la unión entre las dos estructuras. En efecto, aunque sea posible, la unión directa de la cara superior (en la orientación de la Figura 1A) de la capa de nitruro de galio 157 a la superficie superior del circuito de control 110 (que comprende una alternancia de regiones aislantes 114 y de regiones metálicas 113) es relativamente delicada de realizar.

Además, la capa 159 puede elegirse ventajosamente para que haga un buen contacto óhmico con la capa de nitruro de galio 157. El material de las zonas metálicas 113 del circuito de control 110, por ejemplo cobre o aluminio, de hecho, puede no ser adecuado para la realización de tal contacto óhmico.

Por lo demás, las capas 116 y/o 159 pueden comprender un metal reflectante para la luz emitida por los LED 172, para aumentar la eficacia de emisión y evitar pérdidas de luz en el circuito de control 110.

Por otro lado, la capa 116 y/o la capa 159 se pueden elegir para evitar que el metal entre en las zonas de conexión 113 del circuito de control, por ejemplo el cobre, se difunda hacia la capa de nitruro de galio 157, que podría degradar en particular la calidad del contacto óhmico con la capa de nitruro de galio 157.

En la práctica, cada una de las capas 116 y 159 puede ser una sola capa o una pila de una o más capas de diferentes metales, lo que permite realizar todas o parte de las funciones mencionadas.

A modo de ejemplo, la capa 116 comprende una capa superior hecha de un metal de la misma naturaleza que una capa superior (en la orientación de la figura 1B) de la capa 159, eligiéndose este metal para obtener una buena unión entre las dos estructuras durante la etapa de la figura 1C, por ejemplo un metal del grupo que comprende Ti, Ni, Pt, Sn, Au, Ag, Al, Pd, W, Pb, Cu, AuSn, TiSn, NiSn o una aleación de todos o parte de estos materiales. La pila formada por las capas 116 y 159 puede comprender además una o más capas de metales adecuadas para reflejar la luz emitida por los LED, por ejemplo, plata. Por lo demás, la pila formada por las capas 116 y 159 puede comprender una o más capas adaptadas para formar una barrera a la difusión de metales como el cobre o la plata incluidos en la pila 116/159 y/o en las zonas metálicas 113, por ejemplo capas de TaN, TiN, WN, TiW, o una combinación de todos o parte de estos materiales.

Como variante, sin embargo, la capa 116 y/o la capa 159 pueden omitirse. Preferentemente, se proporciona al menos una de las capas 116 y 159, preferiblemente la capa 159 formada en el lado de la pila activa de LED 150.

La figura 2 es una vista en sección que ilustra una variante de realización del procedimiento de las figuras 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1F, 1G, 1H, 1I. El procedimiento de la figura 2 difiere del procedimiento descrito anteriormente esencialmente en que, en la etapa de la Figura 1H, después del relleno de las zanjas 170 con el material aislante 176, el contacto en las regiones del cátodo de los LED 172 no se realiza mediante una metalización 178 en un material opaco, sino por un electrodo 182 hecho de un material conductor transparente, por ejemplo ITO (óxido de indio y estaño). En el ejemplo representado, el electrodo 182 es un electrodo continuo que reviste sustancialmente toda la superficie superior del dispositivo. En particular, en este ejemplo, el electrodo 182 cubre sustancialmente toda la superficie superior de los LED 172. El electrodo 182 se puede conectar al circuito de control 110, por ejemplo, por medio de una o más vías (no representadas) formadas en la pila activa 150 o en el material aislante 176 de relleno de las zanjas 170, por ejemplo, en una región periférica del dispositivo.

Las figuras 3A, 3B, 3C, 3D son vistas en sección que ilustran las etapas de otra variante de realización del procedimiento de las Figuras 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1F, 1G, 1H, 1I, adecuada para la realización de un dispositivo de visualización de imágenes en color. En efecto, en el ejemplo de las figuras 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1F, 1G, 1H, 1I, los LED 172 son todos sustancialmente idénticos y emiten sustancialmente a la misma longitud de onda. El dispositivo obtenido al final de la etapa de la figura 1I es, por tanto, un dispositivo de visualización monocromático.

El procedimiento de las Figuras 3A, 3B, 3C, 3D se implementa a partir del dispositivo obtenido al final del procedimiento de las figuras 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1F, 1G, 1H, 1I. Esta estructura se muestra nuevamente en la Figura 3A.

La figura 3A ilustra además esquemáticamente una etapa de formación, en la cara superior de un sustrato de soporte 201, por ejemplo, un sustrato de GaAs, una pila 203 de conversión fotoluminiscente de múltiples pozos cuánticos. La pila 203 comprende una pluralidad de capas, cada una de las cuales define un pozo cuántico. La pila 203 está adaptada para absorber fotones en la longitud de onda de emisión de los LED 172 y para reemitir fotones en otra longitud de onda. A modo de ejemplo, la pila 203 está adaptada para convertir la luz azul en luz roja o la luz azul en luz verde. La pila de conversión 203 se produce, por ejemplo, por epitaxia sobre el sustrato de soporte 201.

En el ejemplo representado, una capa de revestimiento 205, por ejemplo, una capa de óxido (por ejemplo, de óxido de silicio), se deposita sobre y en contacto con la superficie superior de la pila de conversión 203, la capa 205 se extiende sobre sustancialmente toda la superficie superior de la pila de conversión 203.

La figura 3B ilustra una etapa durante la cual la pila de conversión 203 se incorpora a la superficie superior del dispositivo de visualización. Para ello, el conjunto que incluye el sustrato de soporte 201 y la pila de conversión 203 se puede dar la vuelta, y después se incorpora en el dispositivo de visualización, para poner en contacto la cara superior (en la orientación de la Figura 3A) de la capa de revestimiento 205 con la cara superior de la capa superior 180 del dispositivo de visualización. En el transcurso de esta etapa, la pila de conversión 203 está unida (*bonded*) al dispositivo de visualización. A modo de ejemplo, la fijación de la pila activa 203 en el dispositivo de visualización se puede obtener mediante unión molecular entre las dos superficies puestas en contacto. A modo de variante, la fijación de las dos superficies se puede realizar mediante termocompresión, unión eutéctica, o por cualquier otro método de fijación adecuado. La capa de revestimiento 205 permite favorecer la unión de las dos estructuras. Sin embargo, como variante, la capa 205 se puede omitir, la superficie superior (en la orientación de la figura 3A) de la pila de conversión 203 se pone entonces en contacto directo con la cara superior del dispositivo de visualización.

La figura 3C ilustra una etapa posterior a la etapa de transferencia de la figura 3B, durante la cual se retira el sustrato de soporte 201 de la pila de conversión 203. El sustrato 201 se retira, por ejemplo, mediante esmerilado y/o grabado químico de su cara superior, es decir, su cara opuesta a la pila de conversión 203. Al final de esta etapa, la pila de conversión 203 reviste sustancialmente toda la superficie del dispositivo de visualización, sin discontinuidad.

La figura 3D ilustra una etapa posterior a la etapa de la figura 3C, durante la cual se retiran porciones de la pila de conversión 203, por ejemplo mediante grabado en seco, junto a determinadas partes del dispositivo de visualización. De manera más particular, durante esta etapa, la pila de conversión 203 se puede retirar encima de algunos LED 172 y mantenerse encima de los otros LED 172. Se obtiene así un dispositivo de visualización que incluye primeros píxeles adaptados para emitir luz a una primera longitud de onda y segundos píxeles adaptados para emitir luz a una segunda longitud de onda.

Como variante, para aumentar la cantidad de colores que pueden ser mostrados por el dispositivo, las etapas de las figuras 3A, 3B, 3C, 3D se pueden repetir varias veces para depositar múltiples pilas de conversión fotoluminiscentes de pozos cuánticos que presentan diferentes propiedades de conversión.

Por otro lado, a título de variante, el procedimiento de las figuras 3A, 3B, 3C, 3D se puede implementar tomando como estructura de partida el dispositivo de visualización monocromático de la figura 2.

Se han descrito unos modos de realización particulares. Diversas variantes y modificaciones se pondrán de manifiesto para el experto en la técnica. En particular, los tipos de conductividad de las capas de nitruro de galio 153 (de tipo N en los ejemplos descritos) y 157 (de tipo P en los ejemplos descritos) pueden invertirse.

Además, se pueden prever etapas adicionales para lograr, en el lado de la cara superior de los dispositivos de visualización, estructuras adaptadas para mejorar la extracción de la luz emitida por los LED.

Por otro lado, aunque solo se han descrito ejemplos de realización de dispositivos de visualización a base de LED de nitruro de galio, las realizaciones descritas pueden adaptarse para fabricar un sensor que incluye una pluralidad de fotodiodos de nitruro de galio direccionables individualmente para adquirir una imagen.

Más generalmente, las realizaciones descritas pueden adaptarse a la fabricación de cualquier dispositivo de visualización o sensor fotosensible a base de diodos semiconductores, incluso a base de materiales semiconductores distintos del nitruro de galio, por ejemplo diodos a base de otros materiales semiconductores III-V o diodos a base de silicio.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de fabricación de un dispositivo optoelectrónico, que incluye las siguientes etapas sucesivas:

- 5 a) incorporar, en una cara de un circuito integrado de control (110) formado previamente en y sobre un sustrato semiconductor (111) y que incluye una pluralidad de zonas metálicas (113) de conexión, una pila activa (150) de diodos que incluye al menos una primera (153) y segunda (157) capas semiconductoras dopadas con tipos de conductividad opuestos, de modo que la segunda capa (157) de la pila esté conectada eléctricamente a las zonas metálicas (113) del circuito de control (110); y
- 10 b) formar en la pila activa (150) zanjas (170) que delimitan una pluralidad de diodos (172) conectados a zonas metálicas (113) separadas del circuito de control (110), incluyendo el procedimiento además, después de la etapa b), una etapa c) de deposición, en cada diodo (172), de un electrodo (178; 182) sobre y en contacto con la cara de la primera capa semiconductor (153) opuesta a la segunda capa (157) semiconductor, y **caracterizado por que**, después de la etapa b) y antes de la etapa c), el procedimiento incluye una etapa durante la cual las zanjas (170) se llenan con un material aislante (176) y una etapa de planarización para retirar el material aislante en la superficie superior de los diodos.
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el circuito integrado de control (110) se produce con tecnología CMOS.
- 20 3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que, en la etapa b), las zanjas (170) están alineadas con marcas previamente formadas en el circuito de control (110).
4. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que, en la etapa a), al menos una de las siguientes capas metálicas hace contacto entre el circuito integrado de control (102) y la pila activa (150):
- 25 una primera capa de metal (116) que se extiende sustancialmente por toda la superficie del circuito de control (110) en el lado de las zonas metálicas (113); y
una segunda capa metálica (159) que se extiende sustancialmente por toda la superficie de la segunda capa (157) semiconductor opuesta a la primera capa (153) semiconductor.
- 30 5. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4, en el que al menos una de las primera (116) y segunda (159) capas metálicas comprende una capa de plata reflectante.
- 35 6. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4 o 5, en el que al menos una de las primera (116) y segunda (159) capas metálicas comprende una capa de barrera de TaN, TiN, WN, TiW, o una combinación de uno o más de estos materiales.
- 40 7. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 6, en el que al menos una de las primera (116) y segunda (159) capas metálicas comprende una capa de unión de Ti, Ni, Pt, Sn, Au, Ag, Al, Pd, W, Pb, Cu, AuSn, TiSn, NiSn o una aleación de todos o parte de estos materiales.
- 45 8. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 7, en el que las zanjas (170) formadas en la etapa b) se extienden sobre toda la altura de la pila activa (150) y pasan a través de la primera (116) y la segunda (159) capas metálicas.
9. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 8, en el que, en la etapa a), la pila activa (150) de diodo se fija en el circuito de control (110) mediante unión molecular de la primera capa metálica (116) sobre la segunda capa metálica (159).
- 50 10. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que, durante la implementación de la etapa a), la pila activa (150) está soportada por un sustrato de soporte (201) situado en el lado de la primera capa (153) semiconductor opuesta a la segunda capa (157) semiconductor, comprendiendo el procedimiento además, entre la etapa a) y la etapa b), una etapa de retirada del sustrato de soporte (201).
- 55 11. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el que dichos electrodos (178) forman una rejilla metálica continua dispuesta de modo que, al nivel de cada diodo (172), en una parte periférica del diodo (172), la cara de la primera capa (153) semiconductor opuesta a la segunda capa (157) semiconductor esté en contacto con la rejilla, y, en una parte central del diodo (172), la cara de la primera capa (153) semiconductor no esté revestida por la rejilla.
- 60 12. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el que dichos electrodos (182) forman una capa continua de un material conductor transparente, que reviste sustancialmente toda la superficie del dispositivo.
- 65 13. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en el que dichos diodos (172)

semiconductores son diodos electroluminiscentes.

5 14. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 13, que incluye además, después de la etapa b), una etapa de transferencia, en la cara del dispositivo opuesta al circuito de control (110), de una pila de conversión (203) fotoluminiscente de pozos cuánticos múltiples que reviste sustancialmente toda la superficie del dispositivo.

10 15. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 14, que comprende además, después de la transferencia de la pila de conversión (203), una etapa de retirada de la pila de conversión (203) opuesta sólo a algunos de los diodos (172) semiconductores.

16. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en el que dichos diodos son fotodiodos.

15 17. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 16, en el que la primera (153) y la segunda (157) capas semiconductoras son capas de nitruro de galio, siendo dichos diodos (172) diodos de nitruro de galio.

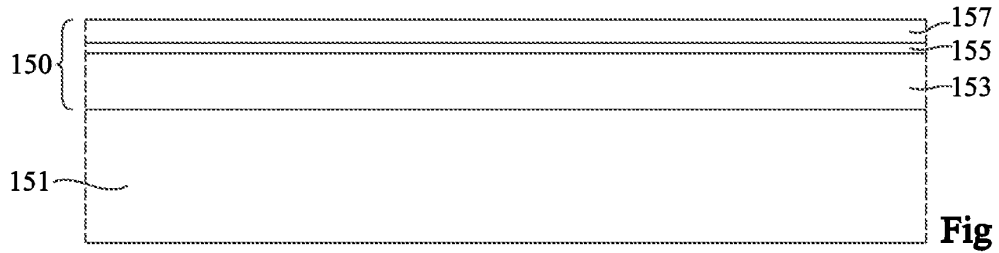
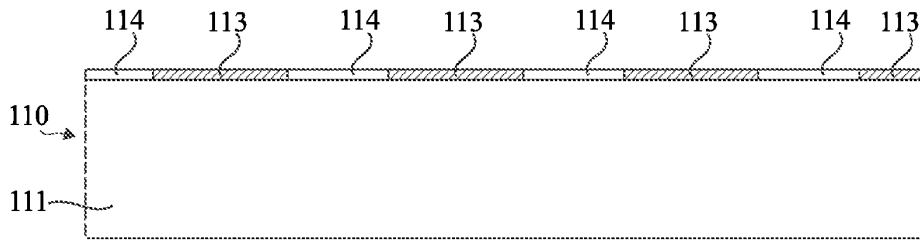


Fig 1A

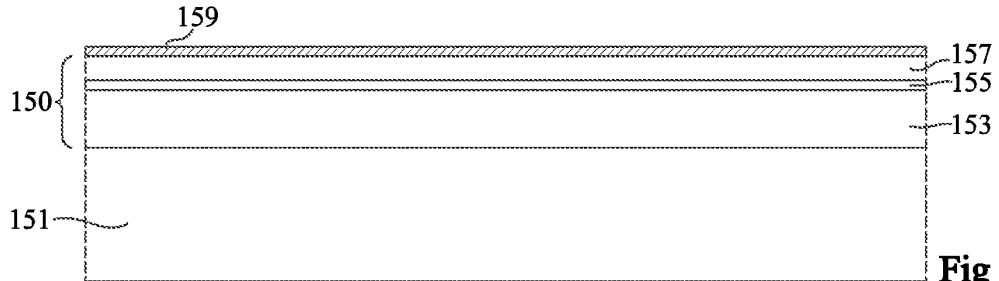
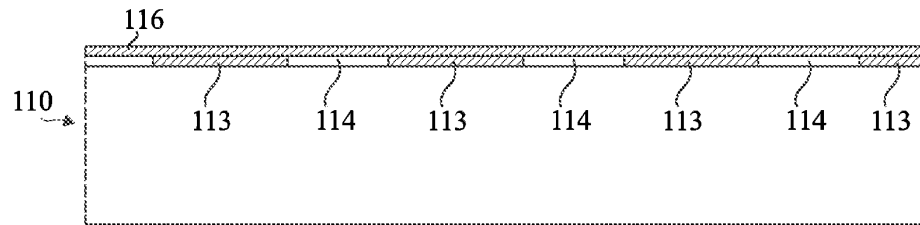


Fig 1B

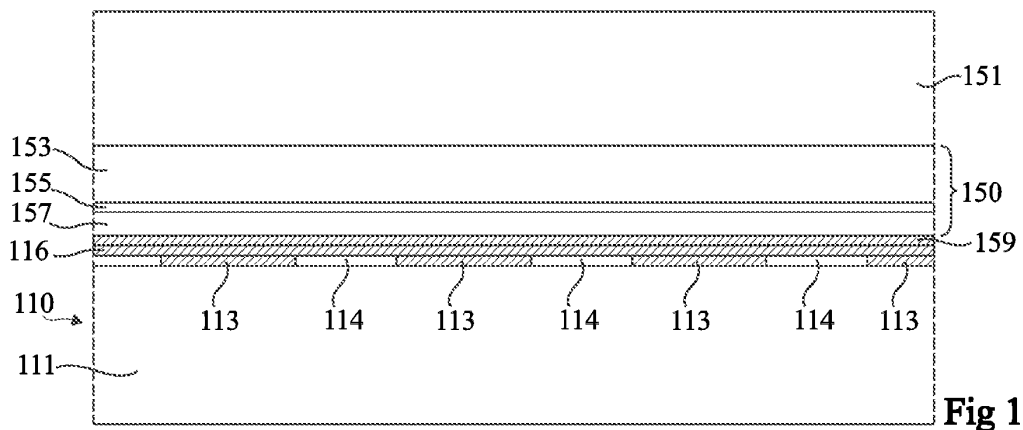


Fig 1C

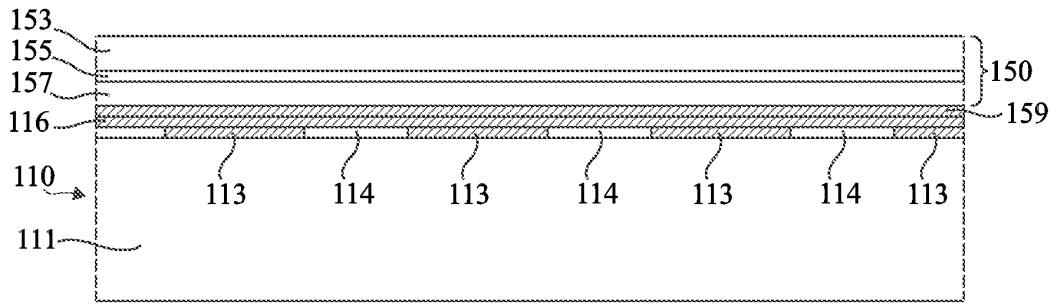


Fig 1D

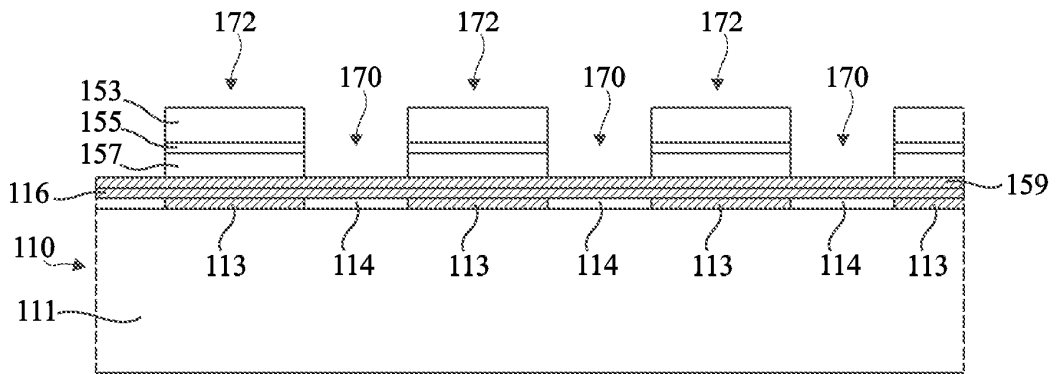


Fig 1E

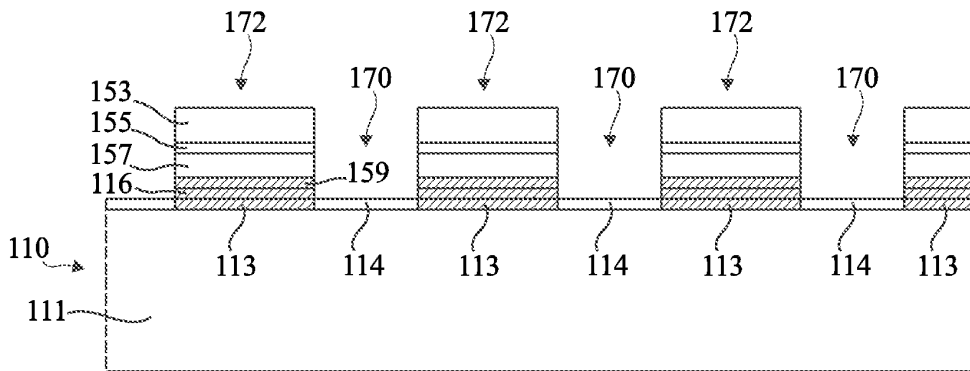


Fig 1F

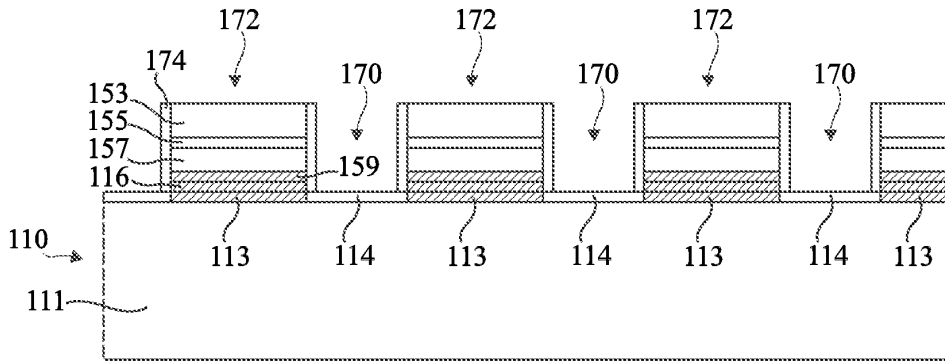


Fig 1G

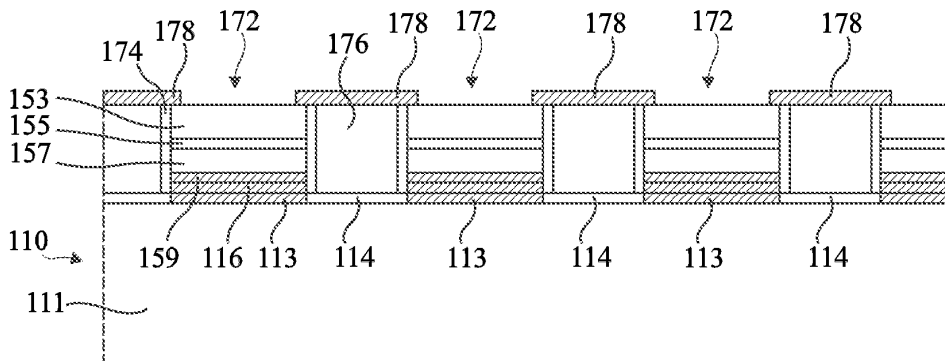


Fig 1H

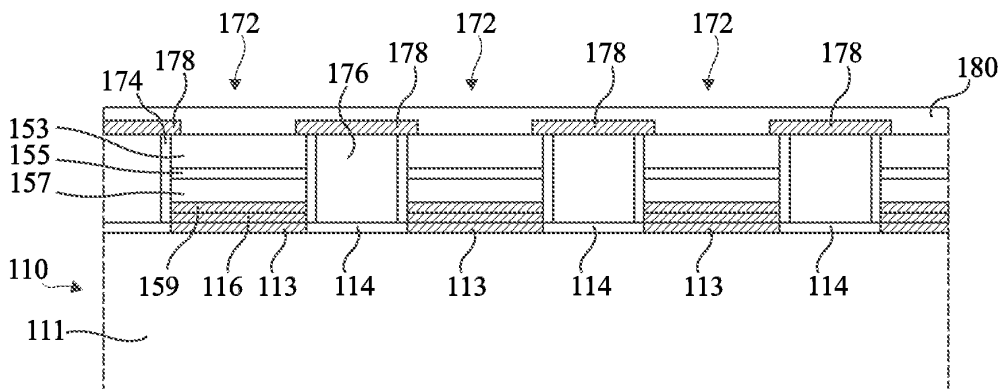


Fig 1I

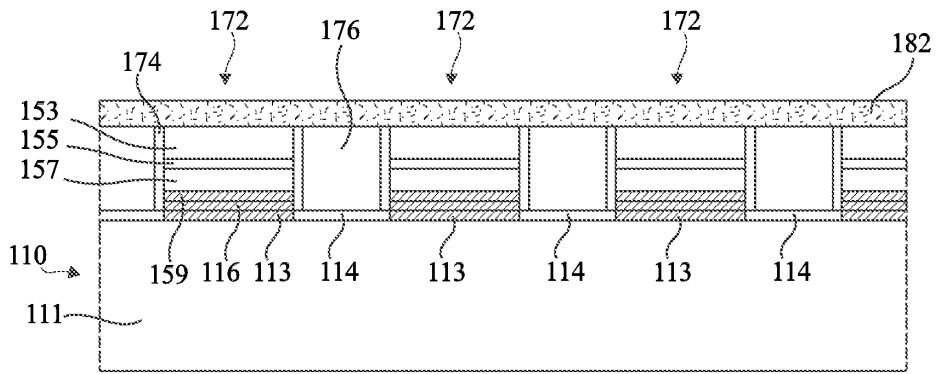


Fig 2

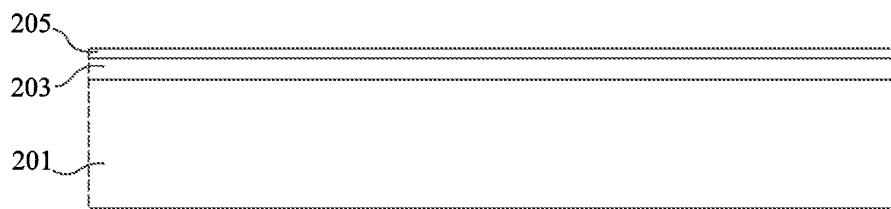
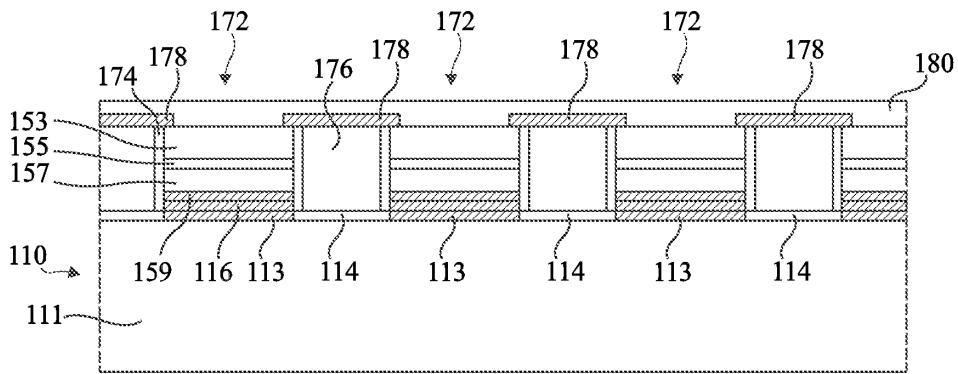


Fig 3A

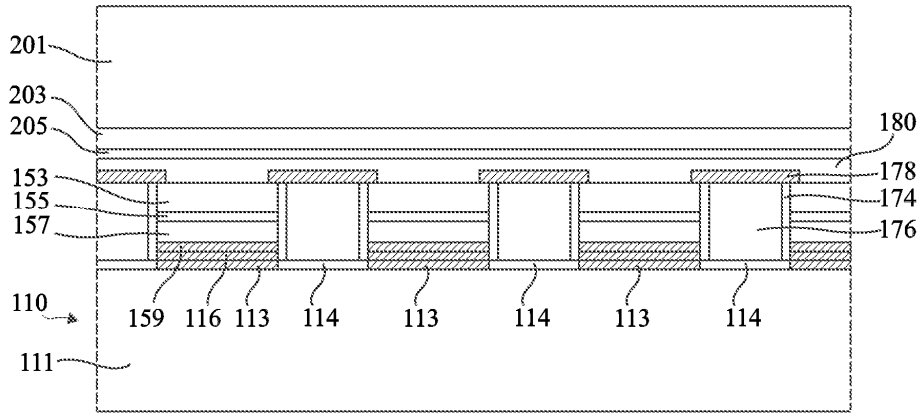


Fig 3B

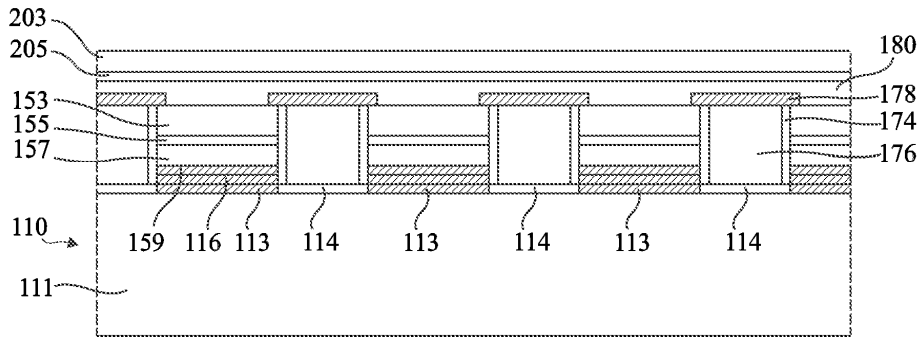


Fig 3C

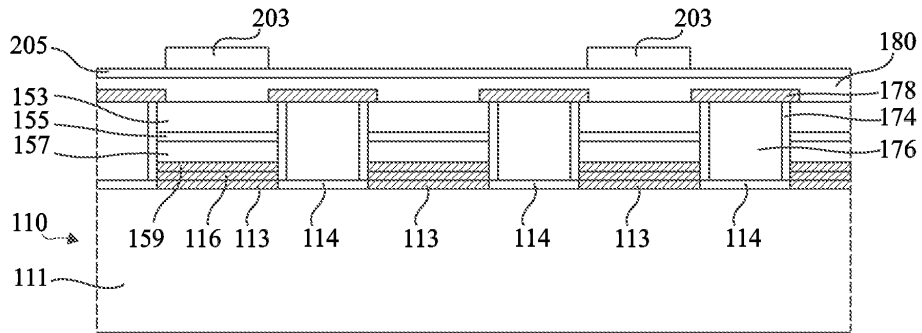


Fig 3D