

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 641 460**

51 Int. Cl.:

H01L 33/38 (2010.01)

H01L 33/46 (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.07.2010 PCT/EP2010/060333**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.01.2011 WO11006995**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.07.2010 E 10737530 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.07.2017 EP 2454762**

54 Título: **Diodo de contacto-P y de emisión de luz para la gama espectral ultravioleta**

30 Prioridad:

17.07.2009 DE 102009034359

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

10.11.2017

73 Titular/es:

**FORSCHUNGSVERBUND BERLIN E.V. (100.0%)
Rudower Chaussee 17
12489 Berlin, DE**

72 Inventor/es:

**KNEISSL, MICHAEL;
WEYERS, MARKUS;
EINFELDT, SVEN y
RODRIGUEZ, HERNAN**

74 Agente/Representante:

IZQUIERDO BLANCO, María Alicia

ES 2 641 460 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).

Diodo de contacto-P y de emisión de luz para la gama espectral ultravioleta**Descripción**

- 5 **[0001]** A nivel mundial, existen fuertes esfuerzos para desarrollar diodos emisores de luz para el rango espectral ultravioleta (UV-LED), ya que permiten aplicaciones en muchas áreas. Éstas incluyen la desinfección, la desinfección de alimentos, la medicina (por ejemplo, la dermatología, la terapia de luz), bioanálisis (por ejemplo, microscopía de fluorescencia), los sensores (por ejemplo, medición de óxidos de nitrógeno, medición de blankophor), la polimerización de superficies (por ejemplo, agua, aguas residuales, aguas de proceso) (por ejemplo, tintas, barnices, epoxis) y el uso como fuentes de rayos para la comunicación óptica al aire libre. Las longitudes de onda e intensidades de emisión requeridas dependen fuertemente de la aplicación y varían en un amplio rango espectral. Uno de los retos es lograr LEDs eficientes en toda la gama espectral de UVA y UVB, así como partes de la gama UVC.
- 10
- 15 **[0002]** En los enfoques anteriores para UV-LED se emplean predominantemente capas de metal de Ni/Au, Pt/Ti/Au o Pd/Ti/Au utilizadas para los contactos óhmicos en el grupo de capas de nitruro III dopado con p. Aunque forman buenos contactos óhmicos con las capas semiconductoras dopadas con p (capa de contacto p) de los LED, son reflectores pobres para la luz en el rango UV.
- 20 **[0003]** En los UV-LED de la técnica anterior, se puede emplear capas de contacto de tipo p de nitruro de galio dopado con p (p-GaN). Sin embargo, las capas de contacto p de p-GaN tienen una pronunciada absorción de luz en el intervalo espectral de UV, en particular a longitudes de onda de 200 nm a 400 nm.
- 25 **[0004]** Los UV-LED de la técnica anterior, por tanto, sufren de una pobre eficiencia de extracción de luz en el rango UV. La cantidad de fotones acoplados con éxito medidos por la cantidad de fotones producidos es solamente de 4 a 10%.
- 30 **[0005]** DE10244986-A representa un contacto p de un dispositivo semiconductor emisor de radiación en el que una capa de espejo reflectante se dispone en una capa dopada con p, en la que se incorporan los elementos de contacto metálico.
- 35 **[0006]** JP2007324411-A representa un lado de acoplamiento de salida de luz de un componente semiconductor de emisión de radiación con elementos de contacto metálicos, que comprenden una capa de contacto semiconductor adicional bajo los elementos de contacto metálico. El objeto de la presente invención es reducir o superar uno o más inconvenientes de la técnica anterior. En particular, un objeto de la presente invención consiste en proporcionar UV-LEDs con un desacoplamiento de luz mejorado.
- 40 **[0007]** El objeto se resuelve proporcionando un contacto p estructurado (en adelante, los términos "contacto dopado con p" y "contacto p" se utilizan indistintamente) para uso en un diodo emisor de luz para la región ultravioleta según la reivindicación 1 de las reivindicaciones adjuntas. Un enfoque importante para aumentar la salida de luz de los LED es la provisión de contactos p altamente reflectantes en la zona espectral UV y baja impedancia. No se conocen metales ni aleaciones que puedan satisfacer ambos requisitos. Aunque los metales tales como, por ejemplo, el aluminio tienen una reflectividad adecuada para la luz de una longitud de onda de 200 nm a 400 nm. Para Al, por ejemplo, la reflectividad al aire a 270 nm es de aproximadamente 88%. Sin embargo, estos metales no forman un contacto de tipo p de baja resistencia en el sistema de material de GaN. La presente invención se basa en el hecho de que es suficiente para una inyección de corriente eficiente en la capa de contacto de tipo p si, para este fin, sólo se utiliza una parte de la superficie de la capa de contacto de tipo p que esté disponible para este propósito. La parte restante de la superficie correspondiente de la capa de contacto de tipo p puede estar provista de un revestimiento que se refleja particularmente bien en la región UV. Dado que los inyectores p cubren porciones relativamente pequeñas de la superficie correspondiente de la capa de contacto p en comparación con el recubrimiento reflectante de luz UV, es posible conseguir un aumento global de la reflectividad UV de toda la superficie, mientras que la inyección de corriente eficaz en la capa de contacto p está garantizada. Si los inyectores p están cubiertos también por el revestimiento reflectante, la reflectividad UV del contacto p puede incluso aumentarse aún más. Es particularmente ventajoso que el recubrimiento reflectante sea eléctricamente conductor y se aplique sobre toda la superficie por medio de la superficie de la capa de contacto p que está disponible para ello, así como a través de los inyectores p, ya que actúa simultáneamente como capa reflectora (que también aumenta la reflectividad en la región de los inyectores p) y la conexión eléctrica de los inyectores p. Se consigue una relación particularmente favorable de alta reflectividad a la inyección de corriente eficiente y homogénea si los inyectores de tipo p están distribuidos lo más pequeños posible y tan homogéneamente como sea posible a una distancia adecuada entre sí sobre la superficie disponible de la capa de contacto de tipo p y posiblemente también están cubiertos de la capa reflectora.
- 65

[0008] El contacto dopado con p de acuerdo con la invención comprende una capa de contacto de tipo p, y una pluralidad de inyectores p. La capa de contacto p comprende una o más capas de semiconductor dopado con p diferentes. Las capas semiconductoras se seleccionan de tal manera que junto con una capa de contacto dopado con n adecuado, surge un diodo que tiene una zona de radiación, el cual emite luz ultravioleta del diodo en el rango espectral bajo tensión eléctrica aplicada en la dirección hacia adelante, particularmente en el UV-A, UV B y/o UV-C, preferiblemente a una longitud de onda de 200 nm a 400 nm. La capa de contacto de tipo p contiene o consiste en AlGaIn dopado con p. Particularmente preferible, la capa semiconductor de la capa de contacto de tipo p consiste al menos en AlGaIn dopado con p, que forma la segunda superficie de la capa de contacto p y sobre la que se aplican directamente los inyectores p. Esto da como resultado una emisión de luz mejorada.

[0009] En el contacto p de la invención, la capa de contacto p tiene una primera y una segunda superficie sobre la capa de contacto p. La primera superficie de la capa de contacto de tipo p está diseñada de tal manera que se pone en contacto una zona de radiación a través de esta primera superficie. Se entiende por zona de radiación una zona a partir de la cual se pueden emitir fotones cuando se aplica una tensión adecuada, preferiblemente con una longitud de onda en el intervalo espectral de UV, en particular en el intervalo UV-A, UV-B y/o UV-C, preferiblemente una longitud de onda de 200 nm a 400 nm. La zona de radiación puede, por ejemplo, estar formada por una superficie de límite p-n en una disposición de diodo con una capa dopada con n adecuada. También es posible que la zona de radiación esté formada por una llamada zona activa, que consta de un pozo cuántico múltiple (MQW o pozo cuántico múltiple), dispuesto a su vez, entre una capa de contacto p y una capa dotada con n y por ejemplo (In)AlGaIn. La segunda superficie tiene sobre el lado alejado de la primera superficie, una subdivisión en regiones que se recubre directamente con una capa, y en áreas que están ocupadas directamente con una pluralidad de inyectores p. El revestimiento tiene un material que tiene una reflectividad máxima de al menos 60%, preferiblemente de al menos 80%, para luz con una longitud de onda de 200 nm a 400 nm, preferiblemente para luz con una longitud de onda de 270 nm.

[0010] La suma de las áreas que están directamente cubiertas con un revestimiento es, de acuerdo con la invención, 75% a 96%. La parte de la segunda superficie de la capa de contacto de tipo p, que no está cubierta por el recubrimiento, puede utilizarse para la disposición de una pluralidad de inyectores de tipo p. Los inyectores p están montados directamente sobre la segunda superficie de la capa de contacto de tipo p y no hay recubrimiento de acuerdo con la invención entre los inyectores p y la segunda superficie de la capa de contacto de tipo p. Sin embargo, los inyectores p sobre la capa de contacto p pueden estar cubiertos por y/o en contacto con el revestimiento según la invención. Esto puede ser el caso, en particular, si el revestimiento según la invención se aplica o se deposita sobre toda la superficie de la segunda superficie de la capa de contacto p con inyectores p ya colocados sobre la misma.

[0011] Los inyectores de tipo p se utilizan para establecer un contacto de baja resistencia entre los inyectores p y la capa de contacto p, y por lo tanto para asegurar una inyección de corriente eficaz de una fuente de potencia a través de los inyectores p en la capa de contacto p. Resistencias de contacto específicas típicas están en este caso en el intervalo de 10^{-2} a 10^{-4} Ωcm^2 o menos. Es esencial que los inyectores p estén montados directamente sobre la segunda superficie de la capa de contacto del tipo p y que no se proporcione ningún revestimiento según la invención entre el inyector p y la capa de contacto del tipo p. La suma de las áreas ocupadas por los inyectores de tipo p añadidos a la suma de las áreas cubiertas por el revestimiento puede corresponder o ser menor que el área total de la segunda superficie de la capa de contacto de tipo p. Preferiblemente, todo el área de la segunda superficie de la capa de contacto de tipo p que no está ocupada por los inyectores de tipo p está cubierta con el recubrimiento.

[0012] El recubrimiento comprende un material que, para luz que tiene una longitud de onda de 200 nm a 400 nm, preferentemente para luz que tiene una longitud de onda de 270 nm, tiene una reflectividad máxima de al menos 60%, preferiblemente al menos 80% particularmente preferiblemente al menos 85%. Por reflectividad máxima se entiende una reflectividad que, incluso con un aumento adicional en el espesor de la capa del material que se va a ver, ya no aumenta más. Los materiales apropiados así como los métodos adecuados para ensayar la reflectividad son conocidos por un experto en la técnica, de modo que el experto en la materia pueda determinar fiablemente para un material particular sin esfuerzo incalculable si éste tiene la reflectividad máxima necesaria para luz de una longitud de onda de 200 nm a 400 nm, una longitud de onda de 270 nm. Un ejemplo de tal material es aluminio (Al), que tiene una máxima reflectividad a 270 nm de aproximadamente 88%. La mezcla de material o material del recubrimiento es preferentemente eléctricamente conductora, de manera que el revestimiento según la invención se aplica simultáneamente como capa reflectora y conexión eléctrica de los inyectores p, cuando se aplica, por ejemplo, tanto a través de la superficie de la capa de contacto p disponible para ello como también a través de los inyectores p.

[0013] Los inyectores de tipo p tienen al menos una capa metálica de inyector p, que permite una conexión óhmica eficiente de la capa de contacto p con un polo de una fuente de corriente o de tensión.

5 Ya que los inyectores p sí mismos no necesitan ser UV-reflectantes, la selección de materiales adecuados no se limita a los que tienen una buena reflectividad en el rango UV. De este modo, se pueden utilizar los materiales y metales, que ya se han utilizado en la preparación de inyectores p en la técnica anterior. Los inyectores p de acuerdo con la invención tienen una capa de metal inyector de tipo p que contiene o consiste en Au, Ni, Pd, Pt, Rh, Ti, Ni/Au, Pd/Ti/Au, Pd/Pt/Au o Pt/Ti/Au. Además de dicha capa de metal inyector de tipo p, los inyectores p pueden tener también capas metálicas y/o no metálicas adicionales, con la condición de que estas capas adicionales no conduzcan a una conexión óhmica de la capa de contacto p a un polo de una fuente de corriente o tensión a través de los inyectores p que se interrumpen o se deterioran sustancialmente funcionalmente. Los inyectores p de acuerdo con la invención tienen adicionalmente una capa inyectora de tipo p que contiene o consiste en un semiconductor dopado con p, por ejemplo p-GaN o p-InGaN. Esto es en particular preferido cuando la capa semiconductor, que forma la segunda superficie (B) de la capa de contacto p (2) y sobre la que se aplican los inyectores p directamente, tiene AlGaIn dopado con p o consiste del mismo. Por lo tanto, se obtiene un contacto de tipo p que se distingue por una relación particularmente favorable de la emisión de luz a las propiedades eléctricas.

10 [0014] El contacto dopado con p de acuerdo con la invención se distingue por propiedades especialmente ventajosas cuando los inyectores p están dispuestos en una forma especial, la dimensión y/o estructura en la segunda superficie de la capa de contacto p. Los inyectores p pueden estar presentes como contactos óhmicos de tipo nanopixel distribuidos sobre toda la segunda superficie de la capa de contacto p. Preferiblemente, los inyectores de tipo p están dispuestos en un patrón regular sobre la segunda superficie de la capa de contacto de tipo p.

15 [0015] Los inyectores de tipo p pueden tener un cuadrado, una forma rectangular, una cuadrática, una circular, una elíptica, una forma triangular y/o forma poligonal. Los inyectores p también pueden ser lineales, Por ejemplo, como líneas paralelas o como líneas de intersección. Los inyectores p de un contacto p de acuerdo con la invención pueden tener las mismas o diferentes formas.

20 [0016] Preferiblemente individualmente los inyectores p tienen cada uno una anchura máxima D de 10 nm a 50 μm , preferiblemente de 10 nm a 2 μm , con especial preferencia de 50 nm a 1 μm . Por anchura máxima se entiende una extensión máxima de los inyectores p en una primera dimensión x que no es mayor que una extensión máxima de los inyectores p en una segunda dimensión y (una longitud máxima), la primera y segunda dimensión (x, y) están en ángulo recto entre sí. En forma rectangular, la anchura máxima corresponde al lado corto del rectángulo, mientras que la longitud máxima corresponde al lado largo; para un círculo, el ancho máximo corresponde al diámetro; para un cuadrado, la anchura máxima de cualquier lado; etc.

25 [0017] La pluralidad de inyectores p se puede distribuir aleatoriamente en la segunda superficie de la capa de contacto p aserrada pero preferiblemente de una manera predeterminada. Para esto, los inyectores p pueden tener una distancia A de 20 nm a 20 μm a sus respectivos inyectores p adyacentes, preferiblemente de 20 nm a 5 μm , con especial preferencia de 100 nm a 2 μm . Los inyectores p de un contacto p de acuerdo con la invención se pueden disponer uniformemente sobre la segunda superficie de la capa de contacto p. Para este fin, las distancias A de los inyectores p a sus inyectores p, respectivamente adyacentes, se pueden seleccionar para que sean los mismos para todos los inyectores p.

30 [0018] En particular, se seleccionará D y A, de modo que la relación de D a A sea 1:1 a 1:4. En una realización particular, D es 0,5 μm y A se selecciona de 0,5 μm a 2 μm . Alternativamente, D puede ser seleccionado de la gama de 50 nm a 100 nm y A de la gama de 100 nm a 200 nm.

35 [0019] El contacto p de acuerdo con la invención se puede fabricar, de modo que la capa de contacto p se proporcione mediante procedimientos conocidos, por ejemplo por epitaxia, como, por ejemplo, epitaxia en fase vapor organometálica, crecimiento epitaxial por haces moleculares o epitaxia de fase de vapor de hidruros, siempre de una manera conocida. Inyectores p pueden ser depositados por diversos métodos, tales como evaporación de haces de electrones, evaporación térmica o técnicas de pulverización catódica. La estructuración de los contactos tiene lugar mediante métodos litográficos, tales como fotolitografía, nanoimpresión, y métodos de haz de electrones.

40 [0020] La presente invención también se refiere a un diodo emisor de luz que incluye un contacto dopado con p de acuerdo con la invención. En particular, la invención se refiere a un diodo emisor de luz que comprende una zona de radiación que está dispuesta entre un contacto dopado con n y un contacto dopado con p de acuerdo con la invención y preferiblemente luz en el intervalo UV, de forma especialmente preferente en la región UV y/o UV-C, muy particularmente preferiblemente luz con una longitud de onda de 200 nm a 400 nm. En una realización preferida adicional, el diodo emisor de luz emite luz con una longitud de onda de 200 nm a 380 nm o de 200 nm a 350 nm.

45 FIG. 1 muestra una representación esquemática de una estructura de un contacto dopado con p de

acuerdo con la invención, en el que los inyectores de tipo p tienen una capa Ni/Au y una capa p-(In)GaN, el revestimiento consiste en Al y la capa de contacto p tiene una capa AlGaN de tipo p.

5 FIG. 2 muestra una representación esquemática de una estructura de un contacto dopado con p de acuerdo con la invención, como en la FIG. 1, cubriendo el recubrimiento reflectante adicionalmente también los inyectores p.

10 FIG. 3 muestra una representación esquemática de la estructura de una segunda superficie B de una capa de contacto p del contacto dopado con p de acuerdo con la invención de FIG. 1, en la que los inyectores p están uniformemente distribuidos y tienen una forma cuadrada con una longitud de arista de 0,5 μm están separados entre sí por 1 μm .

15 FIG. 4 en FIG. 4A se muestra esquemáticamente, la distancia que se describe con la expresión "distance from contact" (distancia desde el inyector de tipo p); en FIG. 4B, se representan las densidades de corriente calculadas en función de la distancia respectiva desde el inyector p, mostrándose las curvas para tres contactos p que tienen diferentes Ls ("current spreading length" = distancia del inyector p con la cual la densidad de corriente ha descendido hasta 1/e).

20 FIG. 5 muestra una representación esquemática de la estructura de capa de un diodo emisor de luz UV que contiene un contacto p de acuerdo con la invención.

25 FIG. 6 muestra características de corriente de salida de luz para varios LEDs de nanopixel en comparación con un diodo de referencia con contacto Pd no estructurado. Se compararon dos geometrías LED de nanopixel: Un LED tiene una longitud de lado de contacto de $D = 1 \mu\text{m}$ y un paso de $A = 1 \mu\text{m}$ (factor de llenado $FF = 75\%$) y un LED de nanopixel adicional que tiene una longitud lateral de contacto de $D = 1 \mu\text{m}$ y una distancia de $A = 2 \mu\text{m}$ (factor de llenado $FF = 89\%$). Se recubrió una mitad de las obleas con LED de nanopixel con una capa de reflexión de Ti/Al/Pt/Au (5/50/40/400 nm), la otra con un sistema de capas de metal reflectante de UV sin la capa adhesiva de Ti (sólo Al/Pt/Au con espesores de capa de 50/40/400 nm). La longitud de onda de emisión fue de 380 nm para todos los LEDs.

La invención se explica con más detalle a continuación con la ayuda de ejemplos de realización seleccionados.

35 Ejemplo 1 Construcción de un contacto dopado con p de acuerdo con la invención

40 **[0021]** En FIG. 1, se muestra esquemáticamente una realización ejemplar de un contacto dopado con p de acuerdo con la invención. El contacto dopado con p 1 de acuerdo con la invención tiene una capa de contacto p 2 y una pluralidad de inyectores 5 de tipo p. La capa de contacto de tipo p 2 tiene una primera superficie A, que está configurada de tal manera que puede ponerse en contacto en una disposición de LED con una zona de radiación adecuada. La capa de contacto de tipo p 2 tiene una segunda superficie B, en la que en el lado opuesto a la primera superficie A de la superficie B se coloca un revestimiento 8, y una pluralidad de inyectores p 5. La capa de contacto p 2 está formada por una capa de AlGaN de tipo p y es por lo tanto particularmente transparente a los rayos UV.

45 **[0022]** En la superficie B de la capa de contacto p 2 se dispone una pluralidad de inyectores p 5, en el que los Inyectores p 5 están conectados directamente a la superficie B. Los inyectores p 5 están configurados de tal manera que se forma un contacto de baja resistencia entre los Inyectores p 5 y la capa de contacto p 2, que permite que la capa de contacto p 2 (bajas pérdidas óhmicas) se conecta con un polo de una corriente o fuente de voltaje. Los Inyectores p 5 tienen dos capas, una capa de metal de inyector p 6 que se aleja de la superficie B, por ejemplo una capa de metal Ni/Au y una capa adicional de inyector p 7 dispuesta entre la capa metálica de inyector p 6 y la capa de contacto p 2, una capa semiconductor (In)GaN de tipo p. La capa de metal de inyector p 6 sirve para establecer un contacto de baja resistencia con un polo de una fuente de corriente y/o fuente de tensión. La capa de inyector de tipo p 7 se utiliza para la inyección de corriente más efectiva en la capa de contacto de tipo p 2. Los inyectores de tipo p 5 están distribuidos a intervalos uniformes sobre la superficie B de la capa de contacto de tipo p 2.

50 **[0023]** Las partes de la superficie B, que no están ocupadas por inyectores p 5, tienen una capa 8 de un material que refleja la luz que tiene una longitud de onda de 270 nm, al menos 60%, preferiblemente al menos 80%. En el ejemplo de la FIG. 1 el recubrimiento 8 consiste en una capa de aluminio (Al) con un grosor de capa de 50 a 350 nm.

55 **[0024]** En la FIG. 2 se muestra otra realización del contacto dopado con p de acuerdo con la invención. Esta realización adicional difiere de la realización de la FIG. 1 sólo porque el recubrimiento de Al cubre adicionalmente los inyectores de tipo p 5. Puesto que el recubrimiento 8 consiste en Al, es eléctricamente conductor y conecta eléctricamente los inyectores p 5 entre sí.

[0025] FIG. 3 es una representación esquemática de la estructura de una segunda superficie B de una capa de contacto de tipo p del contacto dopado con p de acuerdo con la invención mostrado en la FIG. 1 como una vista en planta, incluyendo el revestimiento 8 y los Inyectores p 5. Los inyectores p 5 tienen una forma cuadrada con una anchura máxima D de $0,5 \mu\text{M}$. Los inyectores p 5 están distribuidos uniformemente en la superficie B de la capa de contacto p 2 y tienen una distancia A uniforme desde $1 \mu\text{M}$ a los inyectores p adyacentes 5, respectivamente. Las partes de la superficie B, que no están ocupadas por los inyectores de tipo p 5, tienen un recubrimiento 8 que consiste en aluminio con una reflectividad a 270 nm del 88%. El revestimiento cubre $8 \sim 90\%$ de la superficie B de la capa de contacto p 2. Por lo tanto, toda la superficie B incluyendo el revestimiento 8 y los Inyectores p 5 tiene una reflectividad máxima de aproximadamente 79%. Esta reflectividad es más alta que cualquier reflectividad alcanzable con contactos p de baja resistencia convencional.

Ejemplo 2: Cálculo de modelo para disminuir la densidad de corriente en función de la distancia al inyector p

[0026] Por lo tanto, para que el contacto dopado con p de acuerdo con la invención también se puede utilizar en un LED, es necesario que una inyección de energía suficiente se produce en la capa de contacto p del contacto dopado con p. En FIG. 4B, la disminución calculada en la densidad de corriente en una capa de contacto p de un LED se muestra con una distancia creciente del inyector de tipo p ohmico. Los cálculos se basan en un modelo analítico simple según G.H.B. Thompson (Physics of Semiconductor Laser Devices, John Wiley & Sons, 1980) y Hyunsoo Kim et al. (Measurements of current spreading length and design of GaN-based light emitting diodes, Appl. Phys. Lett. 90, 063510 (2007)). En la simulación, se supone que no se inyecta corriente a través de los reflectores de aluminio (de comparativamente alta resistencia). Los otros parámetros de la simulación del modelo se enumeran en la Tabla 1.

Tabla 1. Parámetros de simulación del modelo

	A	B	C
Espesor de capa de contacto p de d_p [nm]	300	300	600
Densidad de portadores en capa de contacto de tipo p [cm^{-3}]	$1\text{E}+17$	$5\text{E}+17$	$5\text{E}+17$
Movilidades de carga en capa de contacto p [cm^2/Vs]	10	10	10
"current spreading length" L_s [nm]	498	1114	1576

[0027] En FIG. 4B, se muestra la densidad de corriente calculada en la capa AlGaIn de tipo p (la capa de contacto p del modelo y el ejemplo 1) como una función de la distancia desde el inyector p. En FIG. 4A se ilustra esquemáticamente la extensión a la que esto se refiere. FIG. 4B muestra los resultados para tres contactos p diferentes con L_s respectivamente diferentes. El tamaño L_s denota aquí la llamada "current spreading length" (la longitud de dispersión de corriente) y por lo tanto la distancia desde el inyector de tipo p en la que la densidad de corriente se ha reducido a $1/e$. La "current spreading length" depende de nuevo del espesor, la densidad del portador de carga y las movilidades en las capas dopadas con p (véase la Tabla 1).

[0028] Para un inyector de tipo p con una anchura máxima D de $0,5 \mu\text{M}$ y una distancia A entre los contactos p de $1 \mu\text{M}$, una capa de contacto p hecha de p-AlGaIn correspondiente al modelo C (del modo expuesto en el Ejemplo 1), la densidad de corriente cae, aunque ligeramente, de 50 A/cm^2 a 25 A/cm^2 , sin embargo, es todavía suficiente para garantizar un funcionamiento eficaz del contacto dopado con p en un LED. El cálculo no tuvo en cuenta el hecho de que las inhomogeneidades en la estructura nanopixel real serán significativamente inferiores ya que, mediante la inyección del portador de carga del siguiente inyector vecino, se alcanza la suma de las densidades de corriente calculadas para un punto particular de la capa de contacto p, de los inyectores p circundantes.

Ejemplo 3 Diodo emisor de luz UV que contiene un contacto de tipo p de acuerdo con la invención

[0029] FIG. 5 muestra, a título de ejemplo, una realización de un diodo emisor de luz según la invención que comprende un contacto p de acuerdo con la invención, mostrado como una representación esquemática de detalle.

[0030] Según la invención, el diodo UV emisor de luz que comprende un contacto p comprende inyectores p, que están formados cada uno de una capa metálica de inyector p 6 y una capa de inyector p-(In) GaN 7. En el ejemplo mostrado, las capas de inyector p-(In)GaIn 7, tienen cada una una dimensión de 10 nm p-(In)GaIn con una concentración de magnesio (Mg) dopante de $[\text{Mg}] = 1\text{E}20\text{cm}^{-3}$. Las capas 7 de inyector p (In)GaIn están en contacto directo con una capa de contacto de tipo p 2 de AlGaIn dopado con p. En el ejemplo mostrado, se forma la capa de contacto p hecha de una secuencia alternante de dos capas 2a AlGaIn dopado con p que tiene las siguientes composiciones: p-

Al_{0,45}Ga_{0,55}N, y p-Al_{0,55}Ga_{0,45}N; caracterizado porque las capas individuales tienen un grosor de 2 nm, y la capa de contacto de tipo p tiene un total de 50 capas de A y 50 capas de diferente composición y sus capas, una concentración de dopaje Mg de [Mg] = 5E19cm⁻³. En el lado adyacente a los inyectores p, la capa de contacto p tiene una capa gruesa 2b de 20 nm que tiene una composición de p-Al_{0,60}Ga_{0,40}N (= con [Mg] 1E20cm⁻³). Las superficies de la capa de contacto p 2 en contacto con los inyectores p están cubiertas con un revestimiento de la invención. En el ejemplo mostrado, el revestimiento general 8 está diseñado de tal manera que el recubrimiento 8 no cubre sólo una superficie de capa de contacto p 2, sino que también cubre los inyectores p. En el lado de la capa de contacto p 2 que se encuentra alejado de los inyectores p, en el ejemplo mostrado se conecta una estructura de pozo cuántico múltiple 9. Esta estructura de pozos cuánticos múltiples 9 puede formarse a partir de una secuencia regular de estratificaciones de capas de pozos cuánticos y capas de barrera n + 1. En el ejemplo ilustrado, la estructura de pozo cuántico múltiple 9 está formada de una capa de barrera 9a de 6 nm de espesor (In)Al_{0,5}Ga_{0,5}N y una repetición de tres veces de la secuencia de capas de una capa de pozos cuánticos (In)Al_{0,4}Ga_{0,6}N de 2 nm de espesor, y una capa de barrera 9c (In)Al_{0,5}Ga_{0,5}N de 6 nm de espesor. En el lado adyacente a la capa de contacto p de la estructura de pozo cuántico múltiple 9 se encuentra una capa gruesa 10 de 1500 nm de n-Al_{0,5}Ga_{0,5}N que tiene una concentración de dopaje de silicio (Si) de [Si] = 5E18cm⁻³. La capa 10 n-dopada es seguida por una capa gruesa 11 de 200 nm de Al_{0,5}Ga_{0,5}N no dopado. Esto es seguida por una capa gruesa 12 de 1000 nm de AlN no dopado. La capa 12 se recubre en el lado adyacente al contacto p con una capa de zafiro 13.

20

Ejemplo 4: Comparación de UV-LED de acuerdo con la invención; Técnica anterior

[0031] La estructura de UV-LED se cultivó por el método de recubrimiento físico, epitaxia de fase gaseosa orgánica metálica (ingl. "Metal-organic vapour phase epitaxia" o abreviado como MOVPE) en un sustrato de zafiro (0001)-orientado con un diámetro de dos pulgadas (50 mm). La estructura de capas que consiste en una capa tampón de GaN de 3,4 µm de espesor dotada de silicio, de una barrera de agujeros Al_{0,23}Ga_{0,77}N dotada de Si de 10 nm, de una zona activa de espesor que consta de cinco láminas cuánticas In_{0,04}GaN de 3 nm de espesor separado por barreras In_{0,04}Al_{0,16}GaN de 6 nm de espesor (ingl. "multiple-quantum wells" o abreviado como MQW), seguido de una capa de barreras de electrones Al_{0,23}Ga_{0,77}N dotada de magnesio de 10 nm y finalmente una capa GaN dopada con Mg de 200 nm de espesor. Después de MOVPE, el dopaje p se activó en una atmósfera de nitrógeno en un horno de recocido térmico rápido (RTA) a 815 grados Celsius durante 10 minutos.

[0032] Los componentes se estructuran entonces conforme a la tecnología del proceso. En la segunda superficie de la capa de contacto p con una superficie de 0,0225 mm², se estructuró un número de contactos Pd cuadrados. El paladio tiene un espesor de capa de 30 nm y se depositó por evaporación con haz de electrones. El factor de cobertura Pd es 25% para una longitud de contacto lateral de D = 1 µm y una distancia de A = 1 µm y 11% para D = 1 µm, A = 2 µm. El electrodo p, que contiene una capa de aluminio que refleja los rayos UV, consiste en el sistema metálico Al (50nm)/Pt (40nm)/Au (400nm). El sistema de metal reflectante UV cubre tanto los inyectores p como las regiones libres de GaN. Esto es, la proporción del área cubierta por la capa reflectante de UV (correspondiente al factor de llenado, corto FF) es del 75% y del 89%, respectivamente. En la mitad de las muestras, se utilizó una fina capa de Ti como promotor de adhesión entre la superficie de GaN y el reflector de aluminio para mejorar la adhesión entre Al y GaN, es decir, en este caso la secuencia de capas corresponde al sistema metálico Ti (5nm)/Al (50nm)/Pt (40nm)/Au (400nm). Dado que el Ti no es un buen reflector UV, se evaporó una capa de Ti de 5 nm de espesor para minimizar la absorción. Después de la terminación de la metalización del lado p de grabado en seco se midió mediante un plasma de acoplamiento inductivo en una atmósfera Cl₂ y BCl₃ de estructura mesa de tamaño 150 µm x 150 µm que se extiende hasta la capa de tampón de GaN dopado con n. A continuación, se recubrió la n-metalización con Ti(10 nm)/Al(50 nm)/Mo(20 nm)/Au(200 nm). El tamaño total de chip es de 500 µm x 500 µm.

[0033] FIG. 6 muestra las características de potencia de corriente de salida de la luz medida para varios LEDs de nanopixel en comparación con un diodo de referencia con el contacto Pd no estructurado y el recubrimiento de ohneAl. Los mejores resultados se obtuvieron con los nanopíxeles LED con FF = 89% sin capa de adhesión Ti. A corriente directa de 50 mA, esto muestra una salida de luz de 1,36 mW (medida en oblea), que es más de tres veces más alta que la potencia luminosa del diodo de referencia (0,45mW a 50 mA).

Lista de referencias

60

[0034]

1 Contacto p
 2 Capa de contacto p de AlGaIn dopado con p
 2a secuencia alternante de dos capas de AlGaIn de tipo p que tienen las composiciones: p-Al_{0,45}Ga_{0,55}N y p-Al_{0,55}Ga_{0,45}N
 2b capa que tiene la composición de p-Al_{0,60}Ga_{0,40}N

65

ES 2 641 460 T3

- 5 Inyector p
- 6 Capa metálica de inyector p de Ni/Au
- 7 Capa de inyector p (In)GaN
- 8 Recubrimiento con un material cuya luz refleja una longitud de onda de 270 nm, al menos 60% preferiblemente al menos 80%
- 5 9 Capa de pozo cuántico múltiple
 - 9a capa de barrera (In)Al_{0,5}Ga_{0,5}N
 - 9b capa de pozo cuántico (In)Al_{0,4}Ga_{0,6}N
 - 9c capa de barrera (In)Al_{0,5}Ga_{0,5}N
- 10 10 capa dopada con n de n-Al_{0,5}Ga_{0,5}N
- 11 capa no dopada hecha de Al_{0,5}Ga_{0,5}N
- 12 capa no dopada de AlN
- 13 capa de zafiro

- 15 A primera superficie de la capa de contacto p 2
- B segunda superficie de la capa de contacto p 2

- 20

- 25

- 30

- 35

- 40

- 45

- 50

- 55

- 60

- 65

Reivindicaciones

- 5 **1.** Contacto dopado con p (1) para uso en un diodo emisor de luz para la gama espectral ultravioleta, que comprende una capa de contacto p (2) que contiene o consiste en p-AlGaN que tiene una primera superficie (A) para poner en contacto una zona de radiación y una segunda superficie (B) que comprende, en el lado opuesto a la primera superficie (A):
- 10 a) un recubrimiento (8) que contacta directamente entre el 75% y el 96% de la segunda superficie (B) de la capa de contacto p (2) y que contiene o consiste en un material que tiene una reflectividad máxima de al menos el 60% en el intervalo UV con una longitud de onda de 200 nm a 400 nm; y
 b) una pluralidad de Inyectores p (5) que están dispuestos directamente sobre la segunda superficie (B) de la capa de contacto p (2),
- 15 en el que los Inyectores p (5) comprenden, además de una capa de metal de inyector p (6) que permite una conexión óhmica de la capa de contacto p (2) a una fuente de corriente y contiene o se compone de Au, Ni, Pd, Pt, Rh, Ti, Ni/Au, Pd/Ti/Au, Pd/Pt/Au o Pt/Au, una capa de inyector p adicional (7) que contiene o consiste en p-GaN o p-(In)GaN.
- 20 **2.** Contacto dopado con p (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el recubrimiento (8) es eléctricamente conductor.
- 3.** Contacto dopado con p (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el revestimiento (8) contiene o consiste en Al.
- 25 **4.** Contacto dopado con p (1) según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** la capa de contacto p (2) comprende una o más capas semiconductoras diferentes.
- 30 **5.** Contacto dopado con p (1) según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** la capa semiconductor, que forma la segunda superficie (B) de la capa de contacto p (3) y sobre la cual los Inyectores p están directamente aplicado, comprende o consta de AlGaN dopado con p.
- 35 **6.** Contacto dopado con p (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** los Inyectores p (5) tienen una anchura máxima D de 10 nm a 50 mm.
- 7.** Contacto dopado con p (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** los Inyectores p (5) tienen una distancia A de 20 nm a 20 mm de sus Inyectores p (5), respectivamente adyacentes.
- 40 **8.** Contacto pulido (1) según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** las distancias A de los Inyectores p (5) de sus Inyectores p (5) adyacentes son idénticas para todos los Inyectores p (5) .
- 45 **9.** Contacto (1) dopado con p de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** D y A se seleccionan de tal manera que la relación de D a A es de 1: 1 a 1: 4.
- 50 **10.** El contacto dopado con p (1) de acuerdo con las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** los Inyectores p (5) están dispuestos sobre la segunda superficie (B) de la capa de contacto p (2) en un patrón regular.
- 11.** Diodo emisor de luz, que comprende una zona de radiación dispuesta entre un contacto dopado con n y un contacto dopado con p (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10.
- 55 **12.** Diodo emisor de luz según la reivindicación 11, en el que el diodo emisor de luz emite luz en el intervalo UV de 200 nm a 400 nm, preferiblemente en el intervalo UV-A, intervalo UV-B y/o intervalo UV-C.

60

65

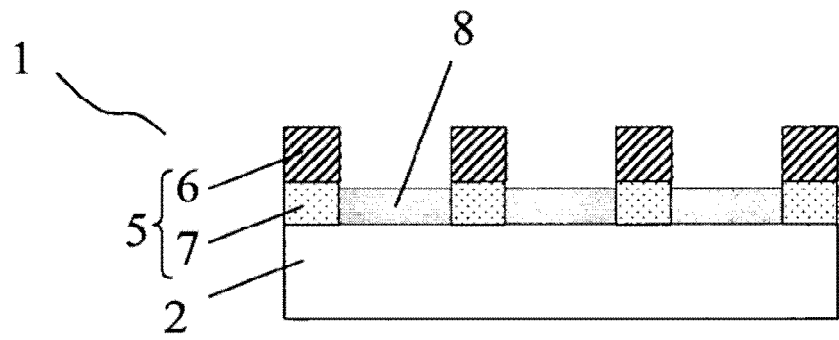


FIG. 1

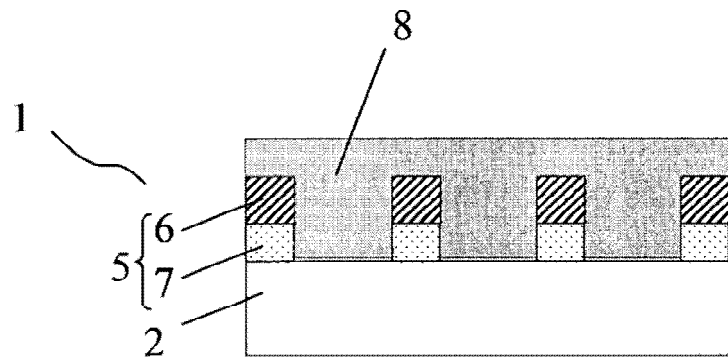


FIG. 2

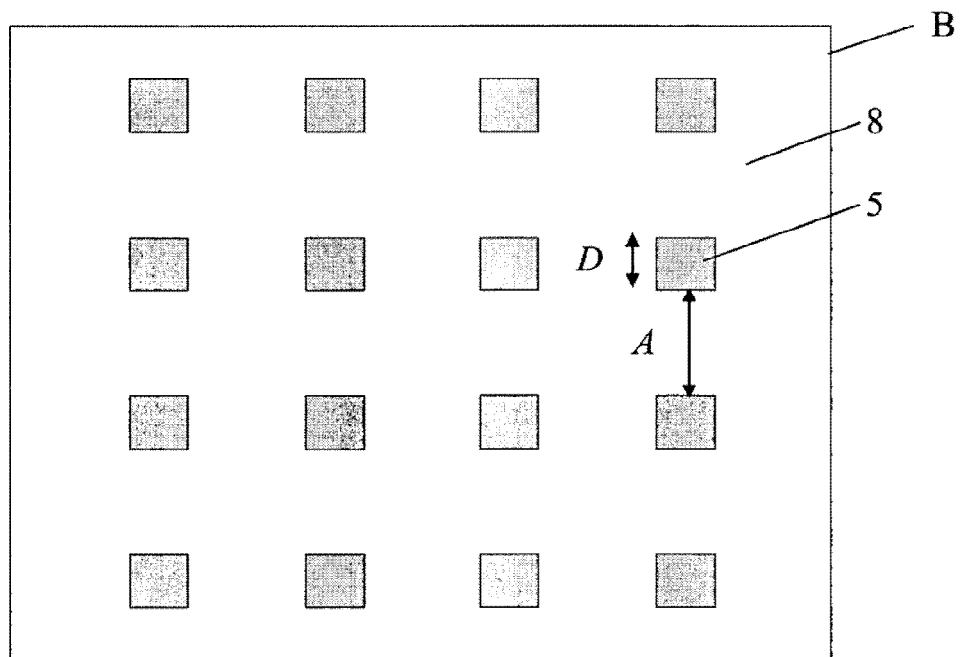


FIG. 3

B

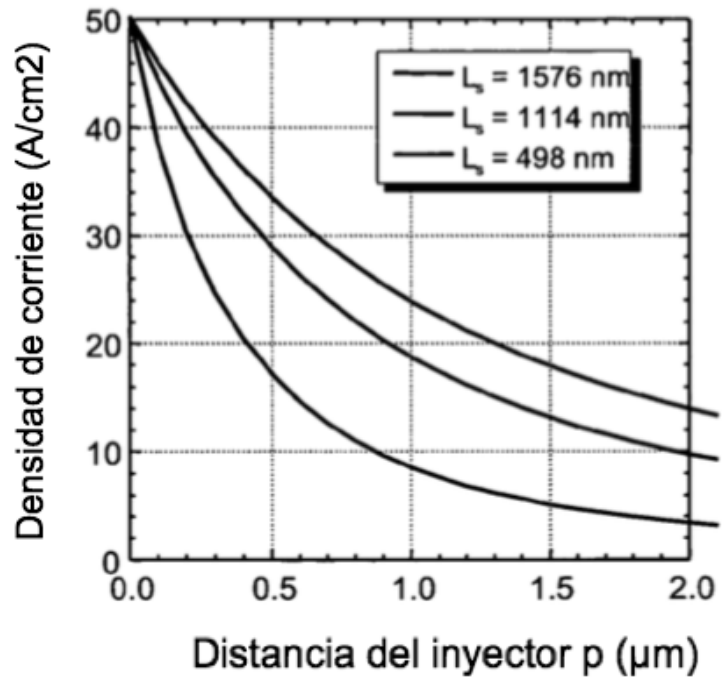


FIG. 4

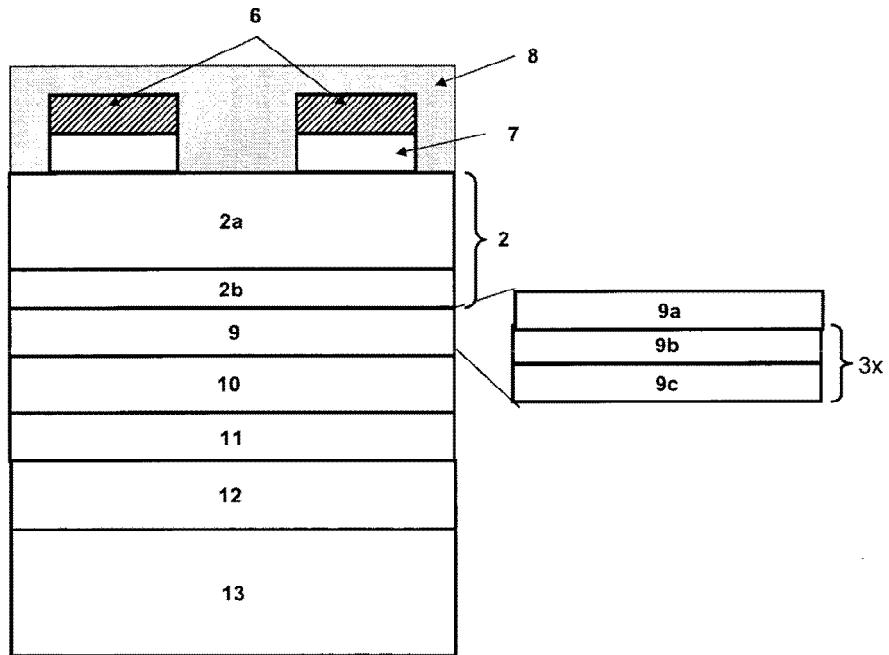


FIG. 5

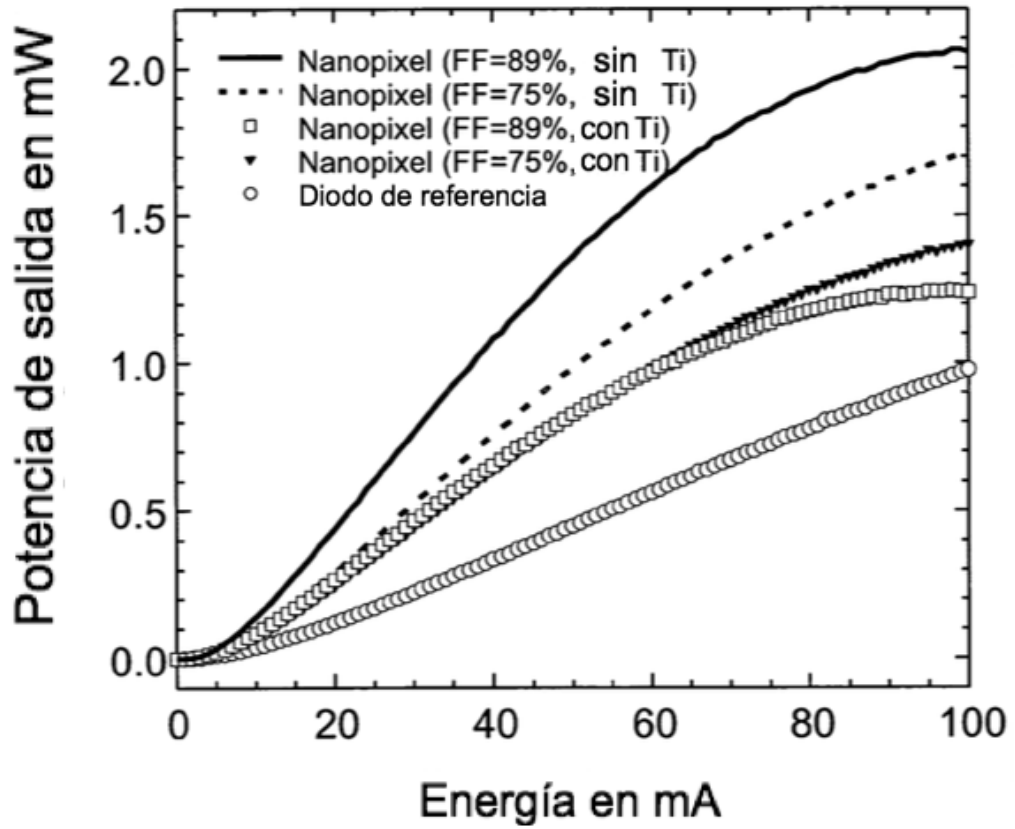


FIG. 6