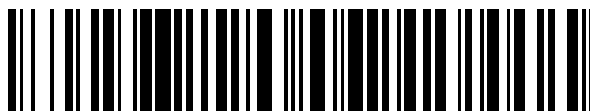


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 762 853**

51 Int. Cl.:

**H01L 51/52** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.05.2014 PCT/GB2014/051618**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.12.2014 WO14191733**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.05.2014 E 14738883 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.12.2019 EP 3005439**

54 Título: **Estructura de diodo orgánico emisor de luz**

30 Prioridad:

**29.05.2013 GB 201309601**

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

**26.05.2020**

73 Titular/es:

**LOMOX LIMITED (100.0%)  
Bank House, Market Square  
Congleton, Cheshire CW12 1ET, GB**

72 Inventor/es:

**COPNER, NIGEL JOSEPH**

74 Agente/Representante:

**SÁEZ MAESO, Ana**

**ES 2 762 853 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

Estructura de diodo orgánico emisor de luz.

5 Esta invención se refiere a dispositivos electroluminiscentes y, en particular, a dispositivos electroluminiscentes basados en diodos orgánicos emisores de luz (OLEDs).

10 Los diodos orgánicos emisores de luz conocidos (OLED) generalmente comprenden una capa de material semiconductor orgánico electroluminiscente emisor formado entre un cátodo y un ánodo formado sobre un sustrato de vidrio, de manera que el material semiconductor orgánico electroluminiscente emite luz cuando se aplica una tensión a través de los electrodos del ánodo y el cátodo.

15 Para que el OLED emita luz visible, al menos uno de los electrodos debe ser transparente a la radiación en el intervalo de longitud de onda de 350 nm a 800 nm.

20 Los OLED se consideran candidatos adecuados para la próxima generación de pantallas, por ejemplo, pantallas planas debido a sus ventajas sobre las tecnologías convencionales utilizadas en pantallas tradicionales, por ejemplo, pantallas de cristal líquido (LCD) y paneles de pantalla de plasma (PDP). Los OLED también se utilizan cada vez más en aplicaciones de iluminación, reemplazando las bombillas incandescentes más comunes.

25 Tales ventajas sobre los LCD y PDP incluyen menores costos de fabricación, sustratos de plástico livianos y flexibles, ángulos de visión más amplios y brillo mejorado, mayor eficiencia energética y un tiempo de respuesta más rápido. Sin embargo, si bien es eficiente en comparación con los LCD y PDP, la eficiencia del OLED es limitada, debido a la extracción de luz incompleta de la capa activa de emisión de luz debido a las pérdidas en el OLED.

La Figura 1 muestra en sección, un OLED 1 convencional de la técnica anterior, donde una capa de material electroluminiscente orgánico 2 está situada entre dos electrodos, un ánodo transparente 4 y un cátodo reflectante 6.

30 El tipo específico de capa electroluminiscente que se utilizará puede variar de acuerdo con la aplicación del OLED. Por ejemplo, dicho material para el material electroluminiscente puede incluir quelatos organometálicos, por ejemplo, Alq<sub>3</sub>, tintes fluorescentes y fosforescentes y dendrímeros conjugados. Alternativamente, se pueden usar moléculas de polímero orgánico, de manera que los polímeros típicos incluyen derivados de poli(*p*-fenileno vinileno) y polifluoreno. La sustitución de las cadenas laterales en el polímero puede determinar el color de la luz emitida o la estabilidad y solubilidad del polímero para el rendimiento y la facilidad de procesamiento. Además, se puede usar un polímero tal como poli(*n*-vinilcarbazol) como material huésped al que se agrega un complejo organometálico como dopante. También se pueden usar complejos de iridio tales como Ir(mppy)<sub>3</sub> o complejos basados en otros metales pesados como el platino.

40 El ánodo 4 está fabricado de un material transparente (por ejemplo, óxido de indio-estaño (ITO)), mientras que el cátodo 6 puede fabricarse de un metal reflectante (por ejemplo, aleación de magnesio-plata o litio-aluminio). Luego se deposita un sustrato protector (no mostrado) sobre el ánodo 4. El sustrato puede ser flexible. Alternativamente, el ánodo, el cátodo y el material electroluminiscente pueden depositarse sobre el sustrato.

45 En funcionamiento, cuando se aplica una tensión 10 a través de los electrodos 4 y 6, los huecos del ánodo 4 y los electrones del cátodo 6 se inyectan en la capa orgánica 2. Estos huecos y electrones migran a través de la capa orgánica 2 hasta que se encuentran y se recombinan para formar un excitón. Luego se produce la relajación de los estados excitados a los estados fundamentales, lo que provoca la emisión de luz 12 a través del ánodo transparente 4.

50 Además, se conoce el uso de diferentes capas y materiales para aumentar la eficiencia de los OLED, de manera que se usa inyección de huecos y electrones y/o capas de bloqueo y/o transporte para optimizar las propiedades eléctricas del OLED. Por ejemplo, la inyección de huecos (HIL), por ejemplo, Cu/Pc y/o capas de transporte de huecos (HTL), por ejemplo, aNPD, triarilaminas y/o transporte de electrones (ETL), por ejemplo, Alq<sub>3</sub> y/o capas de bloqueo de huecos (HBL), por ejemplo, BCP, pueden usarse para mejorar la eficiencia eléctrica según sea necesario. Cuando se aplica una tensión 10 entre el ánodo y el cátodo en el OLED que tiene la estructura descrita anteriormente, los huecos generados en el ánodo se mueven a la capa de emisión a través de HIL y HTL, y los electrones generados en el cátodo se mueven a la capa de emisión a través de HBL y ETL. Los huecos y electrones movidos a la capa de emisión se recombinan en la capa de emisión para emitir la luz. La luz generada en la capa de emisión se emite al exterior a través del ánodo. Mientras que HIL, HTL, ETL y HBL abordan la eficiencia eléctrica de los OLED, uno de los desafíos clave en el diseño de OLED es optimizar su eficiencia de extracción de luz.

60 Para los OLED convencionales como se ilustra en la Figura 1, existen ineficiencias de extracción de luz porque la luz generada dentro de un material orgánico de alto índice tiene dificultades para propagarse en el sustrato de ánodo/vidrio de menor índice circundante debido a la reflexión interna total (TIR) en la interfaz de vidrio/aire, acoplándose a modos de guía de onda dieléctrica de las capas orgánicas, emisión en el plano y dispersión en los contactos metálicos del OLED. Aproximadamente, el 30 % de los fotones generados quedan atrapados en el sustrato de vidrio y el 50 % en las capas orgánicas. Por lo tanto, la eficiencia del acoplamiento de salida de los OLED conocidos es solo de aproximadamente 20 %.

Se han presentado varios enfoques para mejorar la eficiencia de acoplamiento óptico de salida de los OLED. Por ejemplo, la interfaz plana sustrato/aire puede modificarse para reducir la TIR repetida, por ejemplo, usando una matriz de microlentes o una lente de media esfera grande en la superficie del sustrato.

Otros métodos de eficiencia de acoplamiento externo intentan extraer la luz atrapada en las capas orgánicas/ITO, por ejemplo, utilizando un aerogel poroso de bajo índice de refracción, efectos de microcavidad o un patrón de cristal fotónico de rejilla de bajo índice incrustado en el sustrato de vidrio. Sin embargo, utilizando estos métodos, la mejora en relación con la eficiencia del OLED es limitada. Además, algunos de estos métodos tienen desventajas asociadas con ellos, tal como una reducción en la eficiencia eléctrica, una disminución en la vida útil, un color dependiente del ángulo de visión, procesos de fabricación complicados y altos costos. Por ejemplo, eliminar la TIR utilizando recubrimientos antirreflectantes no funciona, ya que cada una de las capas refractará la luz y, en última instancia, la interfaz final con el aire seguirá cumpliendo la condición TIR. Además, establecer rejillas en tonos con menos de la mitad de la longitud de onda de exposición a los rayos UV es muy difícil.

El documento US 2010/0219427 describe un aparato emisor de luz que incluye una estructura de cavidad y una estructura periódica. La luz de onda guiada se difracta por la estructura periódica, en donde la longitud de onda de la luz difractada se hace más larga a medida que aumenta el ángulo de difracción. El documento WO2006/110926 A2 describe un diodo orgánico emisor de luz, en donde uno de los electrodos primero y segundo comprende un electrodo de Al grueso (80 nm), que está perforado, de manera que tiene una matriz de huecos 2D de sub-onda periódica modelada, que permite el acoplamiento de rejilla de los plasmones de la superficie a la luz.

El documento US2012/181920 A1 describe un diodo orgánico emisor de luz que comprende un electrodo, que es una capa metálica (Ag) de nanómetros que tiene una estructura de cristal fotónico plasmónico que tiene un perfil sinusoidal, en donde la variación en el grosor en la escala de longitud de la longitud de onda del plasmón de la radiación produce una especie de rejilla óptica en el electrodo.

El documento EP2800456 A1 describe un diodo orgánico emisor de luz que comprende un electrodo que comprende una capa metálica de nanómetros que tiene una estructura de cristal fotónico plasmónico y una rejilla formada en la superficie del electrodo, en donde la formación de la rejilla comprende una pluralidad de cavidades que tienen una profundidad entre 15-180 nm.

En consecuencia, es un objetivo de la presente invención proporcionar una estructura OLED mejorada que aborde los problemas identificados anteriormente con OLED convencionales.

En un primer aspecto, se proporciona un diodo orgánico emisor de luz (OLED) de acuerdo con la reivindicación 1. En un ejemplo ilustrativo, hay un OLED que comprende: una capa electroluminiscente orgánica formada entre un primer electrodo y un segundo electrodo, caracterizada porque uno de los electrodos primero y segundo es un electrodo transparente a través del cual se emite luz desde el OLED hacia el exterior, el electrodo que comprende una capa metálica de nanómetros que tiene una estructura de cristal fotónico plasmónico, y en donde la estructura de cristal fotónico plasmónico está configurada con un intervalo de banda en el intervalo de frecuencia de polaritones de plasmón superficial, SPP, generado en una superficie del electrodo, por lo tanto operable para suprimir la propagación de los polaritones de plasmón superficial en la superficie y así proporcionar la transmisión de radiación electromagnética que tiene una longitud de onda de entre 350 nm a 750 nm desde el OLED; en donde el electrodo comprende además al menos una rejilla formada en la superficie de un electrodo, en donde la al menos una formación de rejilla comprende una pluralidad de cavidades; en donde la profundidad de las cavidades está entre 1 nm y 50 nm.

Preferentemente, el electrodo es un ánodo del OLED.

Preferentemente, en donde las cavidades están periódicamente espaciadas en el ánodo.

Preferentemente, en donde las cavidades están separadas no periódicamente en el ánodo.

Preferentemente, la forma de las cavidades es isotrópica o anisotrópica.

Preferentemente, el tono P entre las formaciones de rejilla está entre 100 nm y 500 nm, y preferentemente entre 200 nm y 320 nm.

Preferentemente, el ancho W de las cavidades está entre 50 nm y 250 nm, y preferentemente entre 100 nm y 150 nm.

Preferentemente, la profundidad  $d_1$  de las cavidades está entre 5 nm y 20 nm.

Preferentemente, el ánodo es una capa de plata.

Preferentemente, la profundidad  $d_A$  del ánodo está entre 50 y 200 nm, y preferentemente entre 90 y 110 nm.

Preferentemente, el OLED comprende además al menos uno de un HIL, HTL, ETL y/o HBL.

En un segundo aspecto, se proporciona un dispositivo electrónico que incorpora un OLED de acuerdo con la reivindicación 12.

5 La Figura 1 muestra en sección, un OLED convencional de la técnica anterior;

La Figura 2 muestra en sección, un OLED de acuerdo con un ejemplo ilustrativo que representa solo algunos aspectos de la invención reivindicada;

10 La Figura 3a muestra una representación gráfica de las propiedades de emisión calculadas (campo eléctrico promedio de salida ( $E^2$ ) contra la longitud de onda (nm)) del OLED de la Figura 2 en comparación con el OLED de la Figura 1;

15 La Figura 3b muestra una representación gráfica de las propiedades de emisión calculadas (campo eléctrico promedio de salida calculado ( $E^2$ ) contra el ángulo de emisión (grados) del OLED de la Figura 1 en comparación con el OLED de la Figura 2;

20 La Figura 4 muestra en sección, un OLED de acuerdo con una modalidad de la presente invención que tiene una formación de rejilla formada en un electrodo del OLED;

La Figura 5 muestra en sección el electrodo de la Figura 4 de OLED;

25 La Figura 6a muestra una representación gráfica de las propiedades de emisión calculadas (campo eléctrico promedio de salida ( $E^2$ ) contra la longitud de onda (nm)) del OLED de la Figura 4 en comparación con los OLED de las Figuras 1 y 2;

La Figura 6b muestra una representación gráfica de las propiedades de emisión calculadas (campo eléctrico promedio de salida ( $E^2$ ) contra el ángulo de emisión (grados)) del OLED de la Figura 4 en comparación con los OLED de las Figuras 1 y 2;

30 La Figura 7 muestra una representación gráfica de las propiedades de emisión calculadas (campo eléctrico promedio de salida ( $E^2$ ) contra la longitud de onda (nm)) del OLED de la Figura 4, que tiene diferentes períodos de rejilla, en comparación con el OLED de la Figura 1; y

35 La Figura 8 muestra una representación gráfica de las propiedades de emisión calculadas (campo eléctrico promedio de salida ( $E^2$ ) contra la longitud de onda (nm)) del OLED de la Figura 4, que tiene diferentes profundidades de rejilla, en comparación con el OLED de la Figura 1.

40 La Figura 2 muestra en sección, un OLED 20 de acuerdo con un ejemplo ilustrativo que representa solo algunos aspectos de la presente

invención, por la cual una capa de material electroluminiscente orgánico 22 está situada entre dos electrodos; un ánodo 24 y un cátodo reflector 26. Como se detalló anteriormente, HIL, HTL, ETL y/o una capa HBL también podrían usarse en el OLED 20 para mejorar la eficiencia eléctrica según sea necesario.

45 El ánodo 24 está fabricado como una capa de cristal fotónico (PC) metálico plasmónico. En este caso, la capa de PC es una capa de plata (Ag) de 1-100 nm, pero la capa de PC se puede fabricar de cualquier material adecuado como resultará evidente para una persona experta que haya leído esta descripción, por ejemplo, aluminio (Al), oro (Au) etc. Como anteriormente, el cátodo 26 puede fabricarse de cualquier material adecuado (por ejemplo, aleación de magnesio-plata o litio-aluminio).

50 Se sabe que los metales conducen electricidad porque los electrones en el metal generalmente son libres de propagarse en él, transportando así la carga eléctrica a través del metal.

55 En general, se acepta que todas las formas de energía y materia tienen propiedades ondulatorias, y que tales ondas interactúan con un medio de densidad que varía periódicamente. Dependiendo del período espacial o tono de esta variación de densidad, el medio puede ser transparente a las ondas de energía o materia, mientras que también es posible que en algunos tonos de oscilación de densidad sea imposible que las ondas de energía o materia se sostengan en el medio.

60 Por ejemplo, los electrones tienen una longitud de onda característica ( $\lambda$ ) que varía con la energía de los electrones. Como anteriormente, los electrones pueden interactuar con la materia con una densidad variable cíclica y periódicamente. De hecho, en los materiales cristalinos, la separación de los átomos o las moléculas está en el intervalo donde los materiales cristalinos interactúan con los electrones para que sean transparentes a ellos o para interactuar de manera que las ondas de electrones no puedan ser sostenidas. Los metales son conductores cristalinos en los que el período espacial de los átomos metálicos en la red cristalina es tal que el metal permite la propagación de ondas de electrones (cristal metálico).

65

Los fotones también tienen una longitud de onda característica ( $\lambda$ ), que varía con la energía de los fotones, y los cristales fotónicos se pueden fabricar con una periodicidad espacial tal que los fotones puedan propagarse a través del cristal, o que los fotones no puedan propagarse a través de ellos,

5 por medio de un intervalo de banda fotónico, es decir, una ventana de frecuencia en la que se evita la propagación de los fotones de una frecuencia particular. La banda de tonos en los que no se mantiene la propagación de la luz se centra en la mitad de la longitud de onda ( $\lambda$ ) de los fotones que inciden en el medio.

10 Si una onda de luz electromagnética interactúa con un metal, dicha interacción establece una oscilación de los electrones en el metal, que está en resonancia con la frecuencia de la oscilación del campo eléctrico en la onda de luz electromagnética. Las oscilaciones en los metales pueden localizarse y comportarse como si fueran partículas. Estas entidades similares a partículas producidas por la interacción con ondas de luz electromagnéticas, se conocen como plasmones y oscilan colectivamente en las superficies de los metales a frecuencias ópticas.

15 Los plasmones en una interfaz entre un metal y un material dieléctrico, por ejemplo, material orgánico utilizado en OLED, tienen una energía más baja que aquellos en la mayor parte del metal. Tener una energía más baja significa que los plasmones superficiales tendrán una frecuencia de oscilación más baja y una mayor longitud de onda ( $\lambda$ ).

20 Dado que los plasmones de superficie tienen longitudes de onda ( $\lambda$ ) más largas que los electrones en el metal, pero longitudes de onda más cortas que los fotones que interactúan, se pueden fabricar redes artificiales en el metal, que interactuarán con los plasmones (cristal fotónico plasmónico), y que son de tono intermedio de variación de densidad en comparación con los de cristales metálicos o cristales fotónicos.

25 Los fotones se pueden combinar con los plasmones generados en la superficie de un metal para formar una entidad similar a una partícula llamada polaritón de plasmón superficial (SPP).

30 De manera similar a los fotones, electrones y plasmones, los SPP tienen una longitud de onda característica ( $\lambda$ ) y se propagan, en plano, en la interfaz entre una capa de metal y una capa de medio dieléctrico aislante, y se desintegran en un fotón(es) y un electrón(es) por ejemplo, al encontrar un límite material.

Se puede fabricar una red en la superficie metálica, una vez más de tamaño intermedio entre las redes de un cristal metálico y un cristal fotónico, lo que hace imposible que los SPP se mantengan en la superficie metálica, mientras que las redes también se pueden fabricar las cuales no admiten SPP, por lo que los SPP se desintegrarán de inmediato.

35 Durante el funcionamiento del OLED 20, cuando se aplica una tensión (no mostrado) a través de los electrodos 24, 26 se genera radiación electromagnética en forma de onda de luz electromagnética en el material emisor de luz 22. La radiación interactúa con el ánodo de plata de nanómetros 24. La radiación establece una oscilación de los electrones en la interfaz 28 que está en resonancia con la frecuencia de la oscilación del campo eléctrico en la radiación, es decir, plasmones.

40 A medida que las ondas de luz electromagnéticas del material emisor de luz 22 penetran en la superficie metálica del ánodo 24, posteriormente se convierten eficientemente en SPP. Las capas emisoras OLED son muy delgadas (<50 nm), de manera que pueden considerarse bidimensionales (2-D), lo que, en la práctica, significa que sustancialmente todo el material del ánodo 24 es tal que forma la superficie del ánodo 24 en la interfaz 28. La radiación electromagnética de la capa emisora 22 establece una oscilación de los electrones en el ánodo 24 que está en resonancia con la frecuencia de la oscilación del campo eléctrico en la onda de luz electromagnética, por lo que sustancialmente toda la luz en el plano de la capa emisora 22 se convierte en SPP.

50 Por lo tanto, una red cristalina plasmónica en el ánodo 24 proporciona una funcionalidad de banda prohibida en el intervalo de frecuencia de los SPP, lo que evita que la generación de SPP sea compatible en el plano y, por lo tanto, evita la emisión de luz en el plano, lo que a su vez proporciona un aumento sustancial en salida de luz del ánodo 24.

55 Por lo tanto, la capa de plata actúa no solo como un ánodo 24 para permitir que se aplique una tensión entre el electrodo 24, 26, sino que es operable para excitar los SPP de polaritones de plasmón superficial para proporcionar una mayor transmisión de luz desde el OLED 24.

El campo electromagnético está limitado a lo largo de la interfaz 28 y disminuye exponencialmente en la dirección perpendicular a la interfaz 28, lo que puede dar como resultado un confinamiento de longitud de onda inferior de los modos electromagnéticos.

60 La Figura 3a muestra una representación gráfica de las propiedades de emisión calculadas (campo eléctrico promedio de salida ( $E^2$ ) frente a la longitud de onda (nm)) del OLED 1, que tiene un ánodo de ITO/vidrio como se representa por el trazo 31 en comparación con el OLED 20 que tiene un ánodo de capa de plata 24 con un cristal fotónico plasmónico como se representa por el trazo 32 obtenida por el método de diferencias finitas en el dominio del tiempo (FDTD); mientras que la Figura 3b muestra una representación gráfica de las propiedades de emisión calculadas (campo eléctrico promedio de salida ( $E^2$ ) frente a los ángulos de emisión (grados) del OLED 1 representado por el trazo 33 en comparación con el OLED 20 representado por el trazo 34, también obtenido por FDTD.

En la Figura 3a es evidente a partir de una comparación de los trazos 31 y 32 que la mejora de la luz de un OLED 20 que comprende la capa delgada de plata que tiene un cristal fotónico plasmónico se duplica en comparación con el OLED 1 convencional a una longitud de onda de aproximadamente 500 nm.

5

También es evidente a partir de una comparación de los trazos 33 y 34 que se obtienen respuestas de radiación más grandes y de ángulo más amplio para el OLED 20 que comprende la capa de plata delgada que tiene un cristal fotónico plasmónico.

10

El origen físico de la mejora surge de la excitación de los SPP en la interfaz de capa orgánica de plata 28, y evita la reflexión interna total que atrapa la luz en las estructuras OLED convencionales como modo de guía de onda, evitando así la emisión en el plano de los fotones generados.

15

La profundidad del cátodo 26 ( $d_C$ ), la capa orgánica 22 ( $d_O$ ) y el ánodo 24 ( $d_A$ ) son 100 nm, 100 nm y 15 nm, respectivamente, aunque se apreciará que, alternativamente, podrían usarse diferentes profundidades.

20

La Figura 4 muestra en sección, un OLED 40 de acuerdo con la presente invención, por lo que una capa de material electroluminiscente orgánico 42 está situada entre dos electrodos; un ánodo 44 y un cátodo reflector 46. Como se detalló anteriormente, HIL, HTL, ETL y/o HBL también podrían usarse en el OLED 40 para mejorar la eficiencia eléctrica según sea necesario. El ánodo 44 se fabrica como una capa de cristal fotónico (PC) metálico plasmónico. En la presente modalidad, la capa de PC es una capa de plata (Ag) con profundidad  $d_A$  que tiene al menos una formación de rejilla 48 que comprende una estructura periódica que se repite regularmente formada en ella. Aunque se fabrica de plata evaporada en la presente modalidad, el ánodo 44 puede fabricarse de cualquier material adecuado usando cualquier técnica adecuada como resultará evidente para una persona experta que haya leído esta descripción, por ejemplo, oro (Au), aluminio (Al), etc. Además, el cátodo 46 puede fabricarse de cualquier material adecuado (por ejemplo, aleación de magnesio-plata o litio-aluminio).

25

30

Las formaciones de rejilla 48 mejoran aún más la funcionalidad del OLED 40 en comparación con los OLED 1 y 20, aprovechando la extraordinaria transmisión óptica (EOT), que es el fenómeno de una transmisión de luz muy mejorada a través de una capa metálica normalmente opaca, a través del uso de estructuras periódicas repetitivas formadas sobre ellas, tales como formaciones de rejilla, por ejemplo, cavidades.

35

La Figura 5 muestra, en sección, el ánodo 44 que tiene la formación de rejilla 48 formada sobre el mismo. Como se muestra con mayor detalle en la Figura 5, cada formación de rejilla 48 comprende una cavidad 50, que tiene un ancho  $W$  y una profundidad  $d_1$ , y que tiene una pared lateral 52, por lo que la cavidad 50 tiene una profundidad  $d_1$  que es la distancia desde la superficie superior 56 del ánodo 44 a la superficie inferior 58 de la cavidad.

40

La profundidad  $d_2$  es la profundidad desde la superficie inferior 58 de la cavidad 50 hasta la superficie inferior 60 del ánodo 44, por lo que  $d_2 \sim d_A - d_1$ . El tono  $P$  de cada formación 48 se define como la distancia entre cada formación de rejilla 48.

45

Dependiendo de la aplicación, las formaciones 48 pueden formarse como cavidades periódicas o no periódicas en la superficie del ánodo, en donde, para la presente modalidad:

$$W = 0,5P,$$

Por lo que  $P$  varía de 1 nm a 500 nm,

$d_1$  oscila entre 0,5 y 100 nm;

50

$$d_2 \sim d_1;$$

$$d_A \sim d_1 + d_2; \text{ y}$$

55

en donde  $d_a > d_1$ .

Las formaciones de rejilla 48 en la presente modalidad de la invención se forman como cavidades periódicas 50 que tienen características más pequeñas que la longitud de onda de los SPP generados en la superficie de la interfaz entre el ánodo 44 y la capa orgánica 42, en donde

60

$$P \sim 200 \text{ nm a } 300 \text{ nm};$$

$$W \sim 0,25 \text{ a } 50 \text{ nm}$$

65

$$d_1 \sim d_2 \sim 10 \text{ nm};$$

$$d_A \sim 20 \text{ nm, y}$$

en donde  $d_a > d_1$ .

5 Las formaciones de rejilla 48 pueden formarse como cavidades isotrópicas o anisotrópicas, y pueden tener cualquier forma, por ejemplo, cilíndrica, cónica, piramidal, etc.

10 En la presente modalidad, las formaciones de cristal fotónico plasmónico 48 se producen usando ataque por ion reactivo. Sin embargo, cualquier técnica adecuada de nano y/o micro-mecanizado, como un ataque por plasma, evaporación, litografía, litografía láser, litografía de haz de iones, litografía de haz de electrones, nanoimpresión, impresión por inyección de tinta, grabado químico, etc.

15 La Figura 6a muestra una representación gráfica del campo eléctrico promedio de salida calculado ( $E^2$ ) frente a la longitud de onda (nm) de los OLED 1 y 20 representados por los trazos 61 y 62 respectivamente en comparación con el OLED 40 representado por el trazo 63 y obtenido por FDTD; mientras que la Figura 6b muestra una representación gráfica del campo eléctrico promedio de salida calculado ( $E^2$ ) frente a los ángulos de emisión (grados) del OLED 1 y 20 representados por los trazos 64 y 65 respectivamente, en comparación con el OLED 40 representado por el trazo 66, también obtenido por FDTD.

20 En la Figura 6a es evidente a partir de una comparación de los trazos 61, 62 y 63 que la mejora de la luz de un OLED 20 que comprende la capa de plata de nanómetro se duplica en comparación con el OLED 1 convencional a una longitud de onda de 500 nm, mientras que la mejora de la luz de un OLED 40 que comprende la capa de plata de nanómetro que tiene la estructura de las estructuras de cavidad formada allí es aproximadamente 5 veces mayor en comparación con el OLED 1 convencional a una longitud de onda de 500 nm, y > 2 veces mayor en comparación con el OLED 20.

25 También es evidente a partir de una comparación de los trazos 64, 65 y 66 que se obtienen respuestas de radiación más grandes y de ángulo más amplio para el OLED 40 en comparación con los OLED 1 y 20 como resultado del ánodo 44 que tiene un cristal fotónico plasmónico formado.

30 La Figura 7 muestra una representación gráfica de las propiedades de emisión calculadas (campo eléctrico promedio de salida ( $E^2$ ) frente a la longitud de onda (nm)) del OLED 40, que tiene diferentes períodos de rejilla P entre 200 nm (trazo 72), 220 nm (trazo 73), 240 nm (trazo 74), 280 nm (trazo 75) y 320 nm (trazo 76), en comparación con el OLED 1 convencional representado por el trazo 71, y obtenido por FDTD.

35 Para la Figura 7, el OLED 40 tiene las siguientes características:

$$W = 0,5P \text{ y}$$

$$d_1 \sim d_2 \sim 10 \text{ nm}$$

40 Se verá que aumentar los períodos de rejilla P entre 200 nm y 320 nm, proporcionan una mayor mejora de la luz en comparación con el OLED 1 convencional. También se verá en la Figura 7 que un período de rejilla P ~ 240 nm proporciona la mayor mejora de la luz, que ocurre a 485 nm, como se muestra en el trazo 74.

45 La Figura 8 muestra una representación gráfica de las propiedades de emisión calculadas (campo eléctrico promedio de salida ( $E^2$ ) frente a la longitud de onda (nm)) del OLED 40 en comparación con el OLED 1, obtenido por FDTD, con el OLED 40 con diferentes profundidades de rejilla  $d_1$ .

Para la Figura 8, el OLED 40 tiene las siguientes características:

50  $P = 200 \text{ nm}$

$$W = 0,5P \text{ y}$$

55  $d_1 + d_2 = 20 \text{ nm}$

Se verá que al aumentar la profundidad de rejilla  $d_1$  de 6 nm (trazo 82), 8 nm (trazo 83), 10 nm (trazo 84), 12 nm (trazo 85) a 14 nm (trazo 86), proporciona una mayor mejora de la luz en comparación con el OLED 1 convencional como se representa por el trazo (81), y desplaza al rojo aún más la longitud de onda máxima a una longitud de onda de mayor valor.

60 Ventajosamente, los OLED 20 y 40 que tienen una capa de cristal fotónico metálico como un electrodo mejora significativamente la extracción de luz de un OLED 20, 40 en comparación con los OLED convencionales al reducir las pérdidas de absorción dentro del OLED y a través de una transmisión óptica extraordinaria.

65 Además, el uso de una capa metálica que tiene el cristal fotónico significa que el cristal fotónico puede usarse como un electrodo, por ejemplo, un ánodo, sin el requisito de capas de electrodos innecesarias adicionales, disminuyendo así el

factor de forma del OLED.

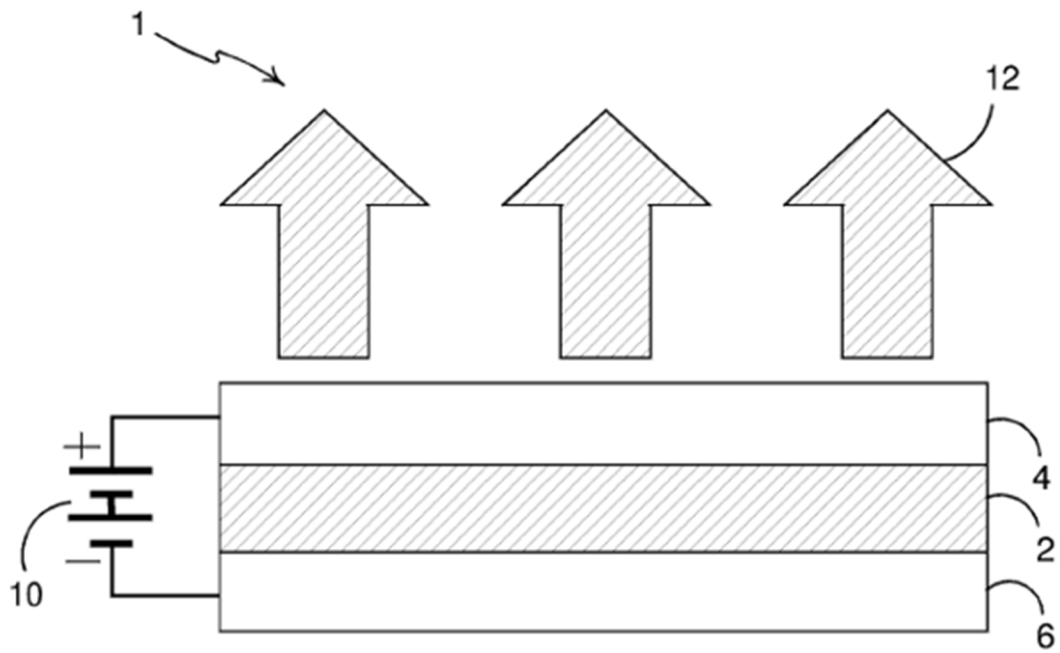
Dicho OLED 20, 40 podría incorporarse en un dispositivo electrónico, por ejemplo, dispositivos y pantallas de iluminación de panel plano.

5



**REIVINDICACIONES**

1. Un diodo orgánico emisor de luz, OLED, (40) que comprende:  
 5 una capa electroluminiscente orgánica (42) formada entre un primer electrodo (44) y un segundo electrodo (46), en donde uno de los electrodos primero y segundo es un electrodo transparente a través del cual se emite luz desde el OLED hacia el exterior, el electrodo que comprende una capa metálica de nanómetros que tiene una estructura de cristal fotónico plasmónico, y en donde la estructura de cristal fotónico plasmónico está configurada con un intervalo de banda en el intervalo de frecuencia de polaritones de plasmón superficial, SPP, generados en una superficie del electrodo, operable para suprimir la propagación de los polaritones de plasmón superficial en la superficie y así proporcionar la transmisión de radiación electromagnética que tiene una longitud de onda de entre 10 350 nm a 750 nm desde el OLED; caracterizada porque el electrodo comprende además al menos una rejilla (48) formada en la superficie del electrodo, en donde la al menos una formación de rejilla (48) comprende una pluralidad de cavidades (50); en donde la profundidad de las cavidades está entre 1 nm y 50 nm.  
 15
2. Un OLED de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el electrodo es un ánodo (44) del OLED.
3. Un OLED de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde las cavidades (50) están periódicamente espaciadas en el ánodo.  
 20
4. Un OLED de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, en donde las cavidades (50) están separadas no periódicamente en el ánodo.
5. Un OLED de acuerdo con las reivindicaciones 3 o 4, en donde la forma de las cavidades (50) es isotrópica o anisotrópica.  
 25
6. Un OLED de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, en donde el tono, P, entre las formaciones de rejilla está entre 100 nm y 500 nm, y preferentemente entre 200 nm y 320 nm.
7. Un OLED de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 3 a 6, en donde el ancho, W, de las cavidades está entre 50 nm y 250 nm, y preferentemente entre 100 nm y 150 nm.  
 30
8. Un OLED de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 3 a 7, en donde la profundidad,  $d_1$  de las cavidades está entre 5 nm y 20 nm.  
 35
9. Un OLED de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 3 a 8, en donde el ánodo (44) es una capa de plata.
10. Un OLED de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 3 a 9, en donde la profundidad,  $d_A$ , del ánodo está entre 50 y 200 nm, y preferentemente entre 90 y 110 nm.  
 40
11. Un OLED de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el OLED (40) comprende además al menos uno de un HIL, HTL, ETL y/o HBL.
12. Un dispositivo electrónico que incorpora un OLED como se reivindica en cualquier reivindicación anterior.  
 45



TÉCNICA ANTERIOR

FIGURA 1

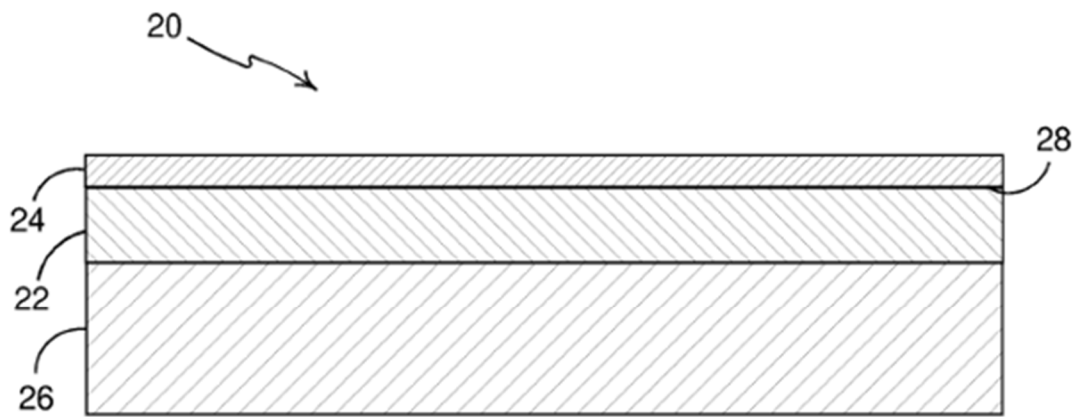


FIGURA 2

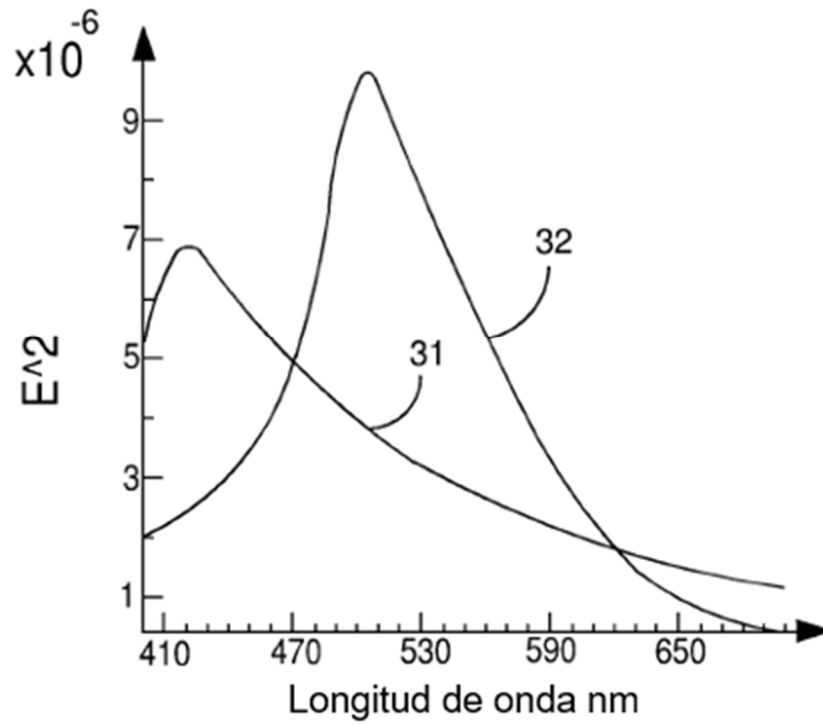


FIGURA 3A

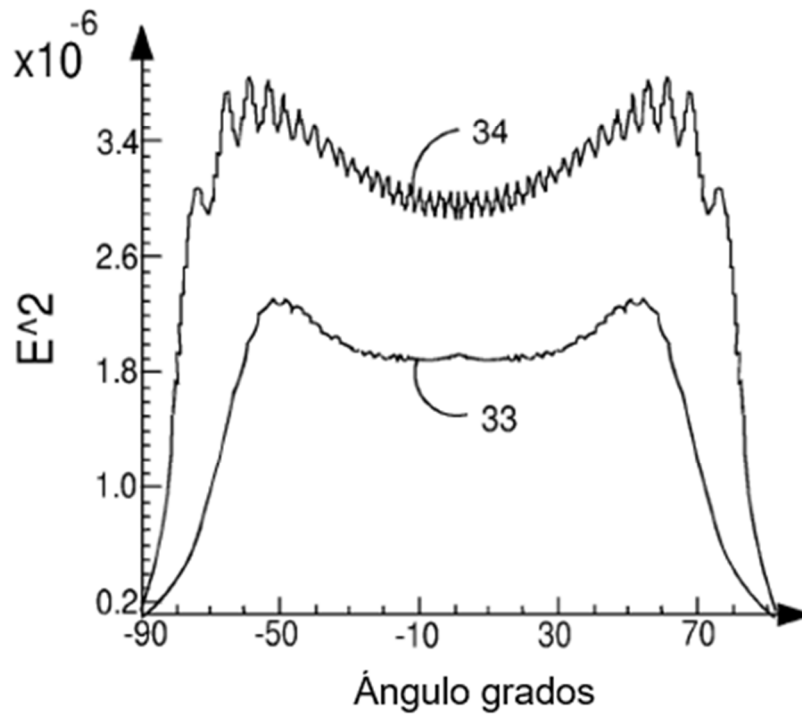


FIGURA 3B



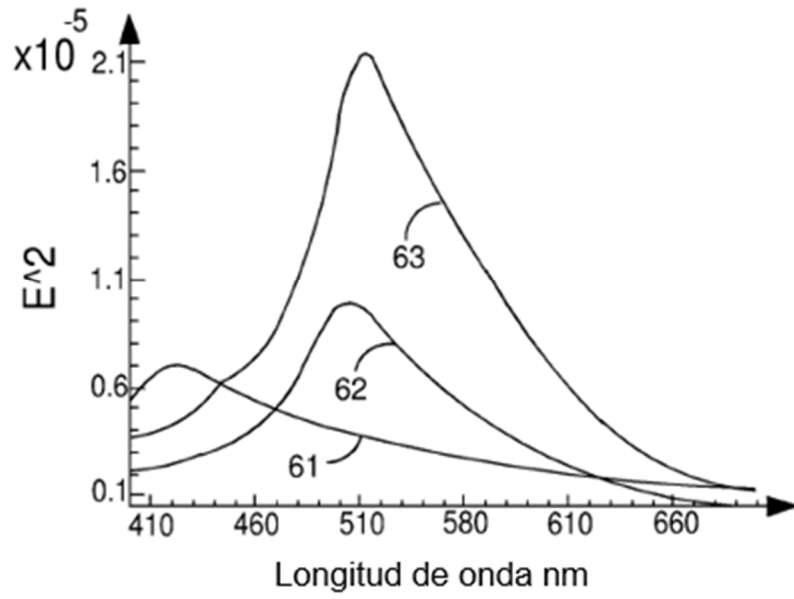


FIGURA 6A

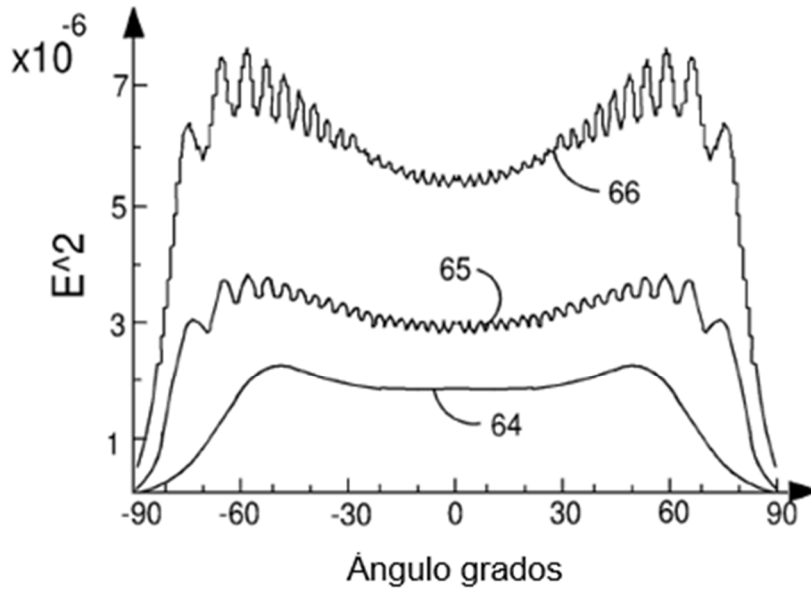


FIGURA 6B

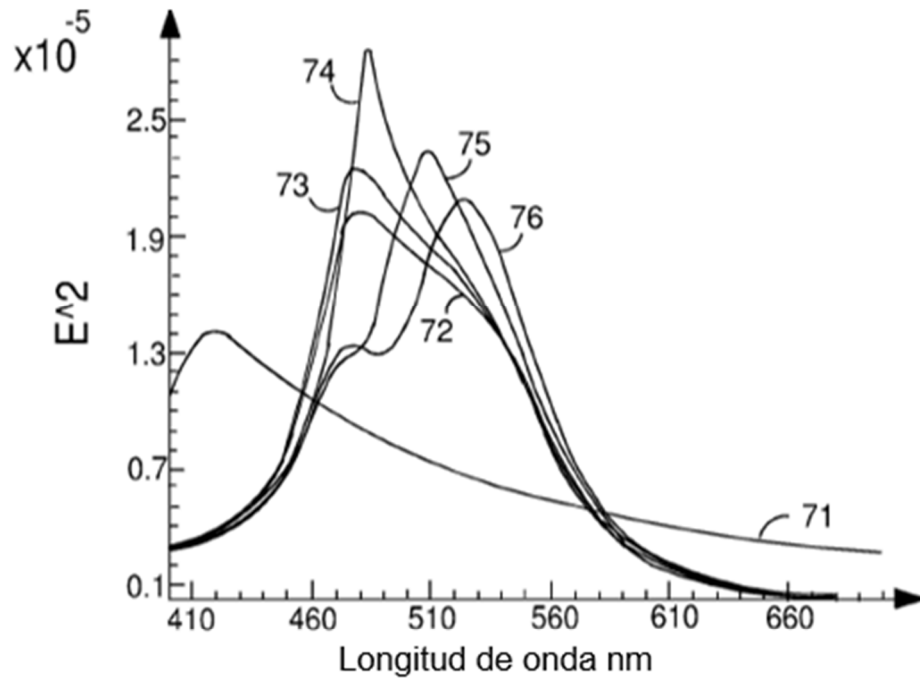


FIGURA 7

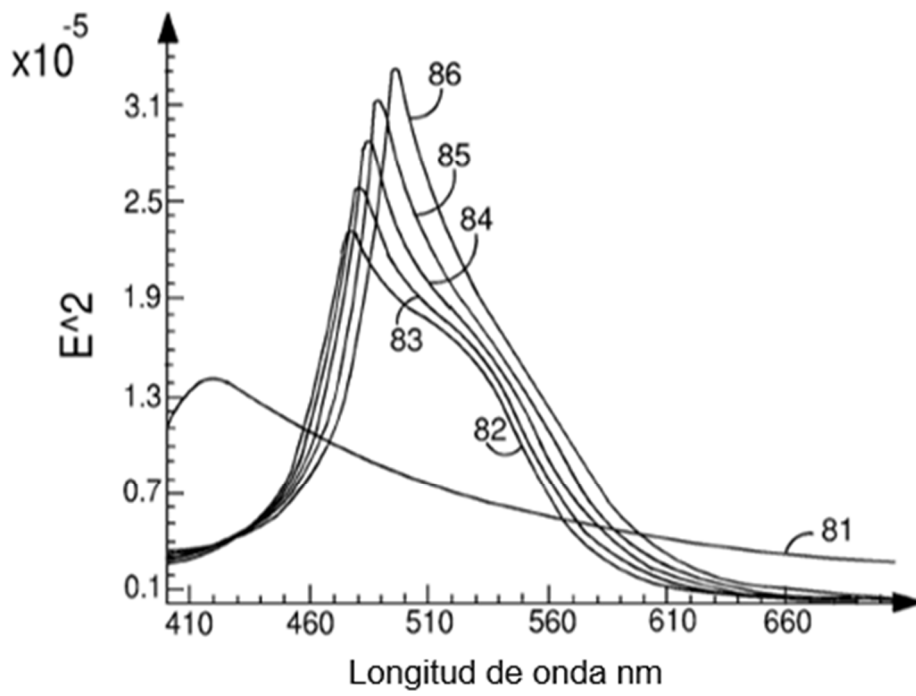


FIGURA 8