



(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 270 057**

(51) Int. Cl.:
H01L 51/50 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(86) Número de solicitud europea: **03740015 .7**

(86) Fecha de presentación : **22.05.2003**

(87) Número de publicación de la solicitud: **1508176**

(87) Fecha de publicación de la solicitud: **23.02.2005**

(54) Título: **Componente emisor de luz fosforescente con capas orgánicas.**

(30) Prioridad: **24.05.2002 DE 102 24 021**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.04.2007

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.04.2007

(73) Titular/es: **Novaled AG.**
Tatzberg 49
01307 Dresden, DE

(72) Inventor/es: **Dashan, Qin;**
Zhou, Xiang;
Blochwitz-Nimoth, Jan y
Pfeiffer, Martin

(74) Agente: **Curell Suñol, Marcelino**

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

Componente emisor de luz fosforescente con capas orgánicas.

La presente invención se refiere a un componente emisor de luz con capas orgánicas, particularmente un diodo orgánico emisor de luz (OLED).

Antecedentes de la invención

Desde la demostración de tensiones de trabajo bajas de Tang *et al.*, 1987 (C.W. Tang *et al.*, Appl. Phys. Lett. 51 (1987) 913), los diodos orgánicos emisores de luz son candidatos prometedores para la realización de pantallas de visualización de gran superficie. Están compuestos por una sucesión de capas finas (típicamente entre 1 nm y 1 μ m) compuestas por materiales orgánicos, que preferentemente se vaporizan bajo vacío (OLED de moléculas pequeñas) o se aplican a partir de la solución, por ejemplo por centrifugación (OLED poliméricos = PLED). Tras su puesta en contacto eléctrica mediante capas metálicas, las capas finas orgánicas constituyen múltiples componentes electrónicos u optoelectrónicos, por ejemplo diodos, diodos emisores de luz, fotodiodos y transistores que, por sus propiedades, constituyen una competencia para los componentes establecidos en base a capas inorgánicas. Típicamente, los contactos de componentes emisores de luz son un contacto transparente (por ejemplo, óxido de estaño e indio (ITO) como ánodo) y un contacto con una afinidad electrónica baja como cátodo. Otros OLED son semitransparentes (contacto metálico fino - estructura ITO), otros completamente transparentes (los dos contactos ITO). A efectos de que pueda emitirse luz en la zona activa en el componente (la zona de emisión o la capa de emisión o la sucesión de capas de emisión) deben inyectarse en el componente portadores de carga y ser transportados en el interior de las capas orgánicas. Mediante la aplicación de una tensión, se inyectan huecos desde el ánodo en un material orgánico con una mejor conductividad de huecos (material de transporte de huecos) y electrones desde el cátodo en un material conductor de electrones. Los portadores de carga se encuentran en la zona de emisión, se recombinan y constituyen excitones. Posteriormente, éstos se desintegran emitiendo luz o transfiriendo su energía a las moléculas.

Las ventajas de un LED de este tipo basado en moléculas orgánicas en comparación con los LED inorgánicos conocidos desde hace tiempo son las posibilidades de aplicación de materiales orgánicos sobre superficies grandes y potencialmente flexibles. De este modo pueden fabricarse pantallas de visualización muy grandes. Además, la producción de los materiales orgánicos y la preparación de las capas orgánicas son procesos relativamente económicos. Además, como estos materiales presentan un índice de refracción bajo, la luz emitida puede desacoplarse fácilmente (con gran eficacia).

La estructura normal de un OLED contiene algunas de las capas orgánicas siguientes, o todas ellas (ver figura 1):

1. Substrato,
2. Electrodo de base, por ejemplo de inyección de huecos (ánodo), típicamente transparente,
3. Capa de inyección de huecos,
4. Capa de transporte de huecos (HTL),
- 4a. Eventualmente, capa de bloqueo, lado de los huecos,
5. Capa de emisión de luz (EL),
- 6a. Eventualmente, capa de bloqueo, lado de los electrones,
6. Capa de transporte de electrones (ETL),
7. Capa de inyección de electrones,
8. Electrodo de cubierta, mayoritariamente un metal con afinidad electrónica baja, de inyección de electrones (cátodo),
9. Blindaje para excluir influencias del entorno (aire, agua).

Éste es el caso más general; muchas veces se prescinde de algunas capas (excepto las 2, 5 y 8), o bien una capa combina diversas propiedades en sí misma. En el componente descrito anteriormente, la luz sale del OLED a través del electrodo de base transparente. Se han ensayado otras estructuras en las que la estructura de capas está invertida (el ánodo en la parte superior, emisión de luz a través del cátodo y el substrato) (G. Gu, V. Bulovic, P.E. Burrows, S.R. Forrest, Appl. Phys. Lett., 68, 2606 (1996), USA 5.703.436; USA 5.757.026; USA 5.969.474) o a través de ánodo y cátodo.

Tal como se describe en Egusa *et al.* (USA 5.093.698) y Pfeiffer *et al.* (DE 100 58 578.7), las capas de transporte de carga (3 y 4, ó 6 y 7) pueden estar dopadas a efectos de aumentar su conductividad. En este caso, para mantener

elevadas la eficacia de corriente y la eficacia cuántica (eficacia de corriente = emisión de luz por corriente (cd/A); eficacia cuántica = fotones emitidos por portador de carga inyectado), se requieren capas de bloqueo (4a, 6a). Estas capas impiden la formación de excitones (DE 100 58 578.7).

5 Estas capas de bloqueo deben desempeñar dos funciones importantes:

1. Deben impedir la inyección de portadores de carga minoritarios desde la zona de emisión (5) en las capas de transporte de portadores de carga (electrones en 4, huecos en 6). En la mayoría de casos, las capas de transporte de portadores de carga (4, 6) ya cumplen este requisito. En este caso, es importante la segunda propiedad de las capas de bloqueo:

2. Deben impedir la formación de excíplex entre los portadores de carga mayoritarios de las capas de transporte de portadores de carga (electrones en 4, huecos en 6) y los portadores de carga con signos diferentes de la zona de emisión (5), en la interfase entre la capa de emisión y la respectiva capa de transporte de portadores de carga. Estos excíplex, que se recombinan sin irradiar luz y, de este modo, reducen la eficacia de los OLED, se forman cuando la energía de excíplex es menor que la energía de un excitón en la zona de emisión. En este caso, el excíplex no puede transformarse en un excitón en la zona de emisión. La causa de este comportamiento es una barrera demasiado elevada para los portadores de carga mayoritarios desde las capas de transporte (4 ó 6) a la zona de emisión (5). Esta barrera se determina mediante la diferencia de HOMO (energía del orbital molecular ocupado superior) para la inyección de huecos desde su capa de transporte (4) en la zona de emisión (5) y la diferencia de LUMO (energía del orbital molecular no ocupado inferior) para la inyección de huecos desde 6 en la capa o capas 5. Este procedimiento puede impedirse mediante la selección de capas de bloqueo (4a, 6a) adecuadas. Estas capas deben ajustarse de tal modo en sus niveles HOMO/LUMO que puedan impedir los portadores de carga minoritarios a la salida de la zona de emisión. Esto significa que, aplicando tensión, los portadores de carga minoritarios de las capas de transporte (4, 6) no se impiden demasiado en la inyección en las capas de bloqueo (4a, 6a) (barrera media). Simultáneamente, los portadores de carga minoritarios deben bloquearse eficazmente desde la zona de emisión (5) en la interfase con las capas de bloqueo (electrones en 4a, huecos en 6a) (barrera alta). Adicionalmente, la altura de barrera para la inyección de portadores de carga mayoritarios desde las capas de bloqueo (4a, 6a) en las capas de zona de emisión (5) debe ser lo suficientemente pequeña como para impedir la formación de excíplex (barrera pequeña).

En el caso más sencillo, la zona de emisión (5) está compuesta únicamente por una capa (USA 4.356.429; C.W. Tang *et al.* Appl. Phys. Lett. 51 (1987) 913). Esta capa combina transporte de electrones y de huecos, formación de excitones y desintegración de los mismos. Estos múltiples requisitos hacen difícil encontrar materiales adecuados a efectos de optimizar la eficacia. Por ejemplo, el material emisor estándar Alq₃ (tris-quinolato de aluminio, HOMO = -5,7 eV, LUMO = -2,9 eV) es un transportador de electrones relativamente bueno. Presenta un desplazamiento de Stokes elevado (emisión desplazada al rojo frente a absorción, por ello no presenta reabsorción), pero presenta una mala conductividad de huecos. Por ello, en un componente con Alq₃ como material emisor, la formación de excitones tiene lugar cerca de la interfase con la capa de transporte de huecos (4 ó 4a). Por ello, la selección de esta interfase es extremadamente importante para la eficacia del OLED. Ésta es la causa de que para los OLED sea más importante el efecto de la recombinación de interfases que para los LED inorgánicos: porque el transporte de portadores de carga en las capas orgánicas está frecuentemente limitado a un tipo de portador de carga y los portadores de carga están más localizados sobre las moléculas orgánicas que, en el caso de sustancias inorgánicas, la zona de recombinación (en la que existe un gran solapamiento entre las densidades de portadores de carga de los dos tipos de portadores de carga) mayoritariamente cerca de una interfase interna, donde se bloquean los portadores de carga.

En todos los materiales orgánicos, el rendimiento cuántico de fotoluminiscencia (la proporción de los excitones recombinantes radiantes) está limitado por la denominada "extinción de agregación", la disminución de la eficacia de la emisión de luz cuando las moléculas están estrechamente empaquetadas. El rendimiento cuántico de fotoluminiscencia de una capa pura de Alq₃ está comprendido entre 10 y 25% (C.W. Tang *et al.*, J. Appl. Phys. 65 (1989) 3610; H. Mattoussi *et al.*, J. Appl. Phys. 86 (1999) 2642), menor que para el Alq₃ en la solución (> 50%).

Por ello, frecuentemente se mezcla con la zona de emisión una molécula emisora adicional (en la bibliografía frecuentemente denominada dopaje, aunque debe diferenciarse del dopaje mencionado anteriormente para el aumento de la conductividad) (USA 4.769.292; C.W. Tang *et al.*, J. Appl. Phys. 65 (1989) 3610). Esto presenta la ventaja de que el emisor ya no está concentrado y presenta un rendimiento cuántico de la emisión de luz más elevado. Se observan rendimientos cuánticos de fotoluminiscencia de hasta el 100% (H. Mattoussi *et al.*, J. Appl. Phys. 86 (1999) 2642). Los dopantes emisores no participan en el transporte de portadores de carga. La formación de excitones en los dopantes emisores puede tener lugar por dos vías:

1. Directamente sobre la molécula de emisor, cuando la misma actúa como trampa para portadores de carga,
2. o bien por transferencia de energía de las moléculas huésped.

De este modo, puede aumentarse la eficacia de corriente y la eficacia cuántica de un OLED, por ejemplo, típicamente, desde 5 cd/A para OLED con Alq₃ puro como emisor hasta 10 cd/A (J. Blochwitz *et al.*, Synth. Met. 127 (2002) 169) mediante un dopante emisor que emite desde excitones en estado singulete. (por ejemplo, una quinacridona o un láser colorante, tal como cumarina, por ejemplo Coumarin6 HOMO = -5,4 eV, LUMO = -2,7 eV). Típicamente, la concentración es de 1% en moles. Para los excitones en estado singulete mencionados anteriormente, que presentan

un espín de 0 y en inyección bipolar de portadores de carga sólo se forman en aproximadamente un 25%, la transferencia de energía tiene lugar a través de un proceso denominado Förster. El alcance de este proceso se corresponde aproximadamente con una concentración de dopaje del 1%.

Otra vía para aumentar la eficacia de los OLED consiste en la adición de moléculas capaces de emitir desde estados triplete (espín de excitones = 1) (moléculas con un fuerte acoplamiento espín-órbita) (USA 6.303.238 B1). Éstos se constituyen con aproximadamente un 75% de probabilidad. Para materiales especiales que mezclan los estados singlete y triplete, teóricamente es posible una eficacia interna del OLED del 100% (T. Tsutsui *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. B 38 (1999) L1502; C. Adachi *et al.*, Appl. Phys. Lett. 77 (2000), 904). Sin embargo, los excitones triplete en moléculas orgánicas adolecen de algunos inconvenientes con respecto a los excitones singlete:

1. El tiempo de vida de los excitones triplete es largo y, por ello, también su longitud de difusión. En consecuencia, los excitones triplete pueden alcanzar más fácilmente lugares del componente (tal como imperfecciones, sustancias extrañas, contactos), donde se recombinan sin irradiación. Debido a su prolongado tiempo de vida (típicamente más de 100 veces más prolongada que la de los excitones singlete), la densidad de excitones alcanza valores en los que tiene cierta importancia la destrucción excitón-excitón. Este proceso limita la eficacia, sobre todo para densidades de corriente elevadas (M.A. Baldo *et al.*, Appl. Phys. Lett. 75 (1999) 4, C. Adachi *et al.*, Appl. Phys. Lett. 77 (2000), 904).

2. La transferencia de energía es más lenta y tiene un alcance más corto (proceso Dexter). En consecuencia, en caso de adición de moléculas emisoras, las concentraciones de dopante deben ser de aproximadamente 8% en moles. Esta elevada densidad de trampas eléctricas dificulta el transporte de corriente y la “extinción de agregación” es un problema más grave que en los emisores de excitones singlete.

3. Debido al prolongado tiempo de vida de los excitones triplete, la densidad de excitones triplete en las interfaces puede adoptar valores elevados. En consecuencia, puede producirse una saturación de excitones triplete. Este “proceso de saturación de excitones de interfase” reduce la formación de otros excitones a partir de los portadores de carga que llegan, por lo que éstos pueden abandonar la zona de solapamiento. De este modo, la zona de interfase sólo tiene una capacidad limitada para excitones, aunque la formación de excitones pueda tener lugar de la forma más eficaz. En consecuencia, disminuye la eficacia del OLED.

4. La energía de enlace de excitones triplete es mayor que la de los excitones singlete (hasta 1,5 eV, en contraste con aproximadamente 0,5 eV). Por ello, es posible una transferencia de energía desde un par de portadores de carga de interfase con espín = 1 (“excíplex triplete”, un portador de carga sobre el material de la zona de emisión (5) y el otro sobre la capa adyacente, por ejemplo 4 ó 4a para un hueco, 6 ó 6a para un electrón) a un excitón de capa sobre las dos capas, bien sobre el material de la zona de emisión (5) o sobre el material de la respectiva capa de transporte adyacente (4 ó 4a, 6 ó 6a). El excitón triplete generado sobre las capas de transporte se recombina sin irradiación, reduciéndose de este modo la eficacia del OLED. Al contrario que en los excitones singlete, en los excitones triplete este proceso es posible, aunque exista una barrera elevada para la inyección de portadores de carga (en las capas 4, 4a, 6, 6a).

La importancia de las capas de bloqueo para la eficacia de los OLED triplete ha sido puesta de manifiesto por Adachi *et al.* y Ikai *et al.* (C. Adachi *et al.*, Appl. Phys. Lett. 77 (2000), 904) y M. Ikai *et al.*, (M. Ikai *et al.*, Appl. Phys. Lett. 79 (2001) 156). El primero demostró que el “confinement” de excitón (confinamiento) de los excitones en la zona de emisión (a través de una elevada separación energética entre bandas de las capas circundantes) puede comportar una eficacia cuántica muy elevada incluso para espesores bajos de la zona de emisión (hasta 2,5 nm de espesor). Sin bloqueo de excitones, la eficacia disminuye drásticamente para espesores tan bajos. Sin embargo, para un espesor pequeño de la capa de emisión tiene una gran importancia la destrucción triplete-triplete, y minimiza la eficacia para densidades de corriente elevadas. El segundo (Ikai *et al.*) utilizó un material huésped transportador de huecos para el dopante emisor de triplete Ir(ppy)₃ como molécula huésped (Ir(ppy)₃ - fac-tris(2-fenilpiridina, HOMO = -5,2..-5,6 eV, LUMO = -2,8..-3,0 eV - emisor de triplete más conocido para la zona verde del espectro). Además, introdujo un bloqueador de excitones y agujeros muy eficaz (separación energética entre bandas elevada y HOMO baja). Esto hacía posible eficacias cuánticas extremadamente elevadas de hasta cerca del límite teórico del 20% (límite estimado a partir de cálculos sencillos de óptica geométrica sobre el comportamiento de desacoplamiento de la luz, despreciando los efectos de transmisión). Internamente, parece darse una eficacia cuántica del 100%, aunque sólo para densidades de corriente pequeñas. Para este componente, la selección del material de capa de bloqueo resulta decisiva. Debido a esta complejidad, será difícil encontrar otro material de capa de bloqueo para otros sistemas emisores distinto del Ir(ppy)₃ y otros materiales huésped distintos del TCTA (tris(N-carbazolil)trifenilamina, HOMO = -5,9 eV, LUMO = -2,7 eV). El material de capa de bloqueo utilizado (un fenileno perfluorado tipo “Starburst”) combina un nivel HOMO extremadamente bajo con una separación energética entre bandas extremadamente grande (superior a 4 eV). Esta gran separación energética entre bandas tiene también la desventaja de que los electrones no pueden inyectarse tan bien desde la capa de transporte de electrones (LUMO: aprox. -3 eV) en la capa de bloqueo (LUMO -2,6 eV, barrera 0,4 eV). Sería preferible una inyección por etapas de electrones en la capa emisora de luz (5) para una tensión de trabajo baja del OLED. Esto se ha puesto de manifiesto para la inyección de huecos del ITO en el material de transporte de huecos (por ejemplo, en MTDATA, un material tipo Starburst, HOMO = -5,1 eV, LUMO = -1,9 eV a través de la capa de inyección, por ejemplo una ftalocianina ZnPc, HOMO = -5,0 eV, LUMO = -3,4 eV, por ejemplo en D. Ammermann *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. Pt. 1, 34 (1995) 1293). Sin embargo, para una inyección por etapas

de electrones desde la capa de transporte de electrones (6) en la capa emisora (5) a través de la capa de bloqueo (6a), la interfase 6a/5 adquiere mayor importancia, dado que en ella se registra una mayor densidad de electrones y huecos.

5 Un enfoque para solucionar el problema del emisor triplete para densidades de corriente elevadas consiste en la utilización de “fluorescencia sensibilizada” con un sensibilizador fosforescente (M.A. Baldo *et al.*, Nature 403 (2000), 750; B.W. D’Andrade *et al.*, Appl. Phys. Lett., 79 (2001) 1045, USA 6.310.360 B1). De este modo, la emisión de luz proviene de la fluorescencia de los excitones singulete de un dopante emisor singulete adecuado. Los estados triplete sobre el material huésped se transfieren a través de un dopante sensibilizador fosforescente adicional (donde
10 se mezclan estados triplete y singulete) al dopante emisor singulete. En principio, con este enfoque también es posible alcanzar una eficacia cuántica interna del 100%. Por ello, pueden aprovecharse las ventajas de la emisión de estado singulete para densidades de corriente elevadas. La aplicación de este principio todavía no ha producido resultados destacados, probablemente debido a la complejidad de la interacción entre las tres moléculas implicadas.

15 Se conoce otro enfoque para el aumento de la eficacia de OLED triplete por Hu *et al.* (W. Hu *et al.*, Appl. Phys. Lett. 77 (2000) 4271). Este enfoque utiliza, para un OLED que emite luz roja con una capa pura como capa emisora (5, complejo de europio Eu(DBM)3TPPO), una capa de bloqueo de huecos para el “confinement” de los excitones, tal como se ha descrito anteriormente. Debido al prolongado tiempo de vida de los excitones triplete, la destrucción de los mismos a través de huecos libres es un proceso importante. En consecuencia, Wu *et al.* han propuesto un OLED con
20 una estructura multicapa de la zona de emisión (5). La zona de emisión está compuesta por diversas (n veces) unidades pequeñas del propio emisor y del material de capa de bloqueo BCP (batocuproina): {BCP 2,5 nm/Eu(DBM)3TPPO 2,5 nm}_n. Se ha podido detectar una eficacia doble, aunque para una tensión de trabajo más elevada. En este caso, las interfases entre los dos semiconductores es de tipo I (“heterounión tipo I”, ver figura 2, parte superior). Esta disposición se produce cuando los niveles HOMO y LUMO de los materiales A (en este caso el complejo de Eu, HOMO = 6,4 eV, LUMO = 3,6 eV) y B (en este caso BCP, HOMO = 6,7 eV, LUMO = 3,2 eV) están dispuestos de tal modo que
25 los dos tipos de portadores de carga se bloquean en las interfases hacia el material B (de este modo, los dos tipos de portadores de carga se encuentran preferentemente sobre el material A). En el componente multiheterounión de Hu *et al.*, la densidad de huecos es elevada en la parte derecha del material A (los huecos se bloquean en la interfase desde el complejo de Eu al BCP en dirección al cátodo), y la densidad de electrones es elevada en la parte izquierda del material
30 A. En consecuencia, el solapamiento de densidades de huecos y de electrones no es óptima, dado que ambas están separadas a lo largo del espesor de la capa A. El argumento de Hu *et al.* consiste en que las capas intermedias de BCP minimizan la densidad de huecos en la capa de emisión. Sin embargo, esto no es deseable, dado que hace aumentar la tensión de trabajo del OLED. Además, para OLED triplete se requiere el principio de dopaje emisor (“extinción de agregación”) a efectos de alcanzar una eficacia elevada. Para ello, la multiheterounión de tipo I no puede realizarse de
35 forma sencilla, dado que exigiría la utilización de un material de capa de bloqueo con una separación energética entre capas extremadamente alta.

En un OLED típico, tal como se representa en la figura 1, la capa de bloqueo de huecos (6a) desempeña la función de impedir eficazmente los huecos a la salida de la zona emisora (5). Para OLED emisores triplete, la zona de emisión
40 está típicamente compuesta por un material huésped con una separación energética entre bandas alta (tal como CBP - dicarbazola-bifenil, un material de transporte bipolar, HOMO = -6,3 eV, LUMO = -3,0 eV; BCP, OXD7 - bis(butilfenil) oxadiazola, HOMO = -6,4 eV, LUMO = -2,9 eV; TAZ - fenil(naftil)fenil-triazola = típico transportador de electrones; TCTA - tri(carbazolil)trifenilamina, un material de transporte de huecos). Las separaciones energéticas entre bandas están comprendidas entre 3,2 y 3,5 eV (estos materiales emitirían luz azul por fotoexcitación). Estos materiales huésped se mezclan con dopantes emisores triplete con separaciones energéticas entre bandas más bajas (aproximadamente
45 2,4 eV para emisión verde, por ejemplo Ir(ppy)₃). Esta gran diferencia entre las separaciones energéticas entre bandas de los materiales está relacionada con la naturaleza de los excitones triplete: la energía de enlace de los excitones para excitones triplete sobre materiales orgánicos es alta. Por ello, un excitón triplete sobre la molécula huésped tiene una energía menor que la que corresponde a la separación entre bandas. Para que pueda tener lugar una transferencia eficaz de energía del excitón triplete desde el huésped al dopante, éste también debe presentar una separación energética entre
50 bandas baja. En consecuencia, el material huésped típico para dopantes emisores singulete de luz verde, el Alq₃, no es adecuado como huésped para dopantes emisores triplete. Debido a la elevada separación energética entre bandas de las moléculas huésped de las zonas de emisión, también para las capas de bloqueo deben utilizarse materiales con una separación energética entre bandas alta. Un ejemplo de un material bloqueador de huecos (de la capa 5 a 6a) es el
55 BCP ó BPhen (BPhen - batofenanolina, separación energética entre bandas de aproximadamente 3,5 eV, HOMO = -6,4 eV, LUMO = -3,0 eV). La separación energética entre bandas del BPhen es sólo ligeramente mayor que la de un material huésped típico (por ejemplo, TCTA: 3,4 eV a 3,2 eV), pero debe bloquear eficazmente los huecos, por lo que su HOMO debe ser muy bajo. En esta disposición, típica para OLED emisores de triplete, la interfase entre los materiales A y B (A = material de capa emisora en 5, B = material de capa de bloqueo en 6a) constituye una así denominada
60 “heterounión escalonada tipo II” (véase la figura 2, parte inferior). La propiedad esencial de esta interfase consiste en que los dos tipos de portadores de carga se bloquean en la misma interfase (sólo que en lados distintos), es decir los agujeros, en su camino desde el ánodo al cátodo, y los electrones, en su camino desde el cátodo al ánodo. Dado que la densidad aumentada de portadores de carga de los dos tipos está separada únicamente por una monocapa de moléculas, es posible la recombinación de interfases. Esta recombinación sólo es eficaz con respecto a la generación de luz
65 en caso de que estos excitones de interfase puedan ser transferidos en excitones sobre A y, posteriormente, sobre el dopante de triplete de A (por ejemplo, Ir(ppy)₃ en TCTA). En este caso, debe tenerse en cuenta que una transferencia de electrones de B a A (que conlleva la emisión de triplete fuera de A) es, en la mayoría de casos, energéticamente preferente (incluso si existe una barrera LUMO elevada), dado que el electrón pasa por una molécula de A que ya está

cargada positivamente. El nivel LUMO de A no tiene que ser alcanzado, dado que el estado triplete en A energéticamente estabilizado puede ser alcanzado directamente. Naturalmente, con los mismos argumentos, también es posible la formación de un excitón en B. Sin embargo, B es el material de capa de bloqueo, y por ello no es capaz de recombinarse con irradiación desde su estado triplete. Esto reduce la eficacia del OLED. Debido a la elevada energía de enlace del excitón triplete (hasta 1,5 eV), no es posible constituir en un OLED directamente una “heterounión escalonada tipo II”, que es capaz de generar excitones triplete únicamente sobre el material (en el presente ejemplo, A) en el que es posible una generación eficaz de luz de estados triplete.

Sumario de la invención

El objetivo de la presente invención consiste en dar a conocer un componente emisor de luz en el que todos los excitones en estado triplete son capaces de irradiar luz, o en el que todos los portadores de carga del componente se recombinan previamente en excitones en estado triplete.

Según la invención, este objetivo se alcanza mediante las características mencionadas en las reivindicaciones 1 y 2. Las formas de realización preferidas son objeto de las subreivindicaciones.

Según la invención, la generación de excitones en estado triplete tiene lugar, por lo menos, en una interfase interna de tipo “heterounión escalonada tipo II” entre dos materiales A (material de transporte de huecos o material de transporte bipolar) y B (material de transporte de electrones o material de transporte bipolar). La disposición energética entre A y B es de tal tipo que un par de portadores de carga de interfase con espín total 1 (triplete), compuesto por un hueco de A y un electrón de una molécula directamente adyacente de tipo B, posee una energía lo suficientemente elevada para poder transformarse eficazmente en excitones triplete sobre A y/o sobre B. Gracias a la estructura del componente, todos los excitones triplete generados sobre A y/o B pueden transformarse eficazmente en luz visible.

Para la zona de emisión (5) se prevén multiheterouniones de tipo II (“escalonadas tipo II”). La estructura de la zona de emisión (5) corresponde a la disposición siguiente: material A - material B - material A - material B... ([AB]_n), siendo posibles las siguientes formas de realización y propiedades:

- El material A es un material de transporte de huecos (y huésped para dopantes emisores de triplete). El material B es un material de transporte de electrones (y huésped para dopantes emisores de triplete).

- El material A puede ser un material de transporte bipolar (y huésped para dopantes emisores de triplete) y el material B es un material de transporte de electrones (y huésped para dopantes emisores de triplete).

- El material A puede ser un material de transporte de huecos (y huésped para dopantes emisores de triplete) y el material B es un material de transporte bipolar (y huésped para dopantes emisores de triplete).

También entra dentro del alcance de la invención la situación en la que únicamente un material A ó B está dopado con un dopante emisor de triplete. La disposición energética de los niveles HOMO y LUMO entre A y B debe ser del tipo “heterounión escalonada tipo II” (figura 2 parte inferior, figura 3). De este modo, en cada interfase AB los huecos son detenidos en su camino desde el ánodo al cátodo, y los electrones en su camino desde el cátodo al ánodo. La eficacia de bloqueo (principalmente determinada por la altura de la barrera) puede ser distinta para electrones y agujeros. En un caso especial de la presente invención, un tipo de portadores de carga no se bloquean. En este caso, la interfase también debe considerarse de tipo “heterounión escalonada tipo II”. El número n de interfases en la zona de emisión puede ser 1 o mayor que 1 (por ejemplo, n = 3 en la figura 3). Cuando n = 1, los dos materiales A y B deben doparse con un dopante emisor triplete a efectos de que la estructura se corresponda con la presente invención. Los espesores de capa de las capas ABABAB... no deben ser iguales, sino que más bien deben seleccionarse de tal modo que sea posible una distribución uniforme de los portadores de carga en la zona de emisión y que la densidad de portadores de carga en cada interfase interna sea elevada. Esta distribución no homogénea es particularmente importante cuando uno de los materiales A y B es un bloqueador más potente para uno de los dos tipos de portadores de carga (por ejemplo huecos en la disposición de niveles de energía representada en la figura 3). Además, el correspondiente espesor de capa (en el ejemplo, del material B) debe ser lo suficientemente fino como para que pueda ser atravesado por un número suficiente de portadores de carga.

En el caso en el que únicamente una de las capas implicadas disponga de un dopante emisor triplete (tal como, en la figura 3, sólo el material A), la otra capa sirve para mantener elevada la densidad de los electrones y huecos en las interfases de la heterounión. Esto significa que este material debe bloquear eficazmente los huecos en caso de ser un material de transporte de electrones, o que debe bloquear eficazmente los electrones en caso de ser un material de transporte de huecos. También significa que el material sin dopar debe tener una separación energética entre bandas mayor que el material dopado con emisor triplete. Además, la energía de los excitones triplete en el material no dopado debe ser mayor o igual que la energía de los excitones triplete en el material dopado. De este modo se garantiza que, en el caso de haberse constituido un excitón sobre el material no dopado (por ejemplo, B), el mismo pueda difundirse hasta la siguiente interfase AB para transferir su energía a un excitón de triplete sobre el material dopado (en este caso, A), de modo que sea posible una transferencia directa y eficaz de la energía de los excitones triplete al dopante emisor de triplete (en este caso, en A). Debido al prolongado tiempo de vida de los excitones triplete sobre B, esta transferencia de energía tendrá lugar con una probabilidad de prácticamente el 100%.

En el caso en el que la densidad de los excitones en las interfases internas AB es tan elevada que el efecto de “saturación de excitones de interfase” es predominante, la presente estructura permite también que los portadores de carga que han salido de la primera zona interfacial AB se puedan recombinar en excitones triplete en la siguiente interfase AB.

La estructura de la zona de emisión (5) formada por diversas interfases de tipo “heterounión escalonada tipo II” permite paralelamente:

- que todos los huecos y electrones puedan recombinarse sin alcanzar el contacto opuesto,
- que todos los huecos y electrones se recombinen cerca de una interfase activa en la zona de emisión,
- que ningún excitón pueda abandonar la zona de emisión,
- y que todos los excitones se generen en zonas de la zona de emisión, donde son capaces de transferir su energía a los dopantes emisores triplete situados en toda la zona de emisión o en partes de la zona de emisión.

La presente invención permite evitar todos los problemas mencionados de los OLED de triplete convencionales y alcanzar la mayor eficacia posible de un OLED de este tipo sin otras limitaciones en la selección de los materiales necesaria a efectos de optimizar otras propiedades (tal como una baja tensión de trabajo).

Ejemplos de formas de realización de la invención

A continuación, la invención se describe con mayor detalle a partir de ejemplos de forma de realización haciendo referencia a las figuras de los dibujos, en los que:

La figura 1 muestra un diagrama esquemático de energía de una estructura de OLED conocida y descrita al principio, sin tensión aplicada y sin efectos de deformación de bandas o de interfase en los niveles de energía;

la figura 2 superior muestra un diagrama esquemático de energía entre los materiales A y B con una disposición de niveles de energía correspondiente a una disposición de “heterounión tipo I” de la interfase entre A y B; inferior: lo mismo para una disposición “heterounión escalonada tipo II” de la interfase entre A y B; en este ejemplo, el efecto de bloqueo de los huecos se representa mayor (barrera más alta);

la figura 3 muestra un diagrama esquemático de energía de una estructura multiheterounión de tipo “heterounión escalonada tipo II” con $n = 3$ (ABABAB); en este caso, sólo el material A está dopado con un dopante emisor triplete; para una mayor compleción, se representan también los niveles de energía de las capas circundantes (4, ó 4a; 6, ó 6a);

la figura 4 muestra una situación esquemática en una disposición tal como se describe en el ejemplo 2 (inferior), con estructura ABABAB;

la figura 5 muestra una situación esquemática en una disposición tal como se describe en el ejemplo 3 (inferior), con estructura AB (A y B están dopados); y

la figura 6 muestra las curvas de eficacia de corriente (“current efficiency”) frente a densidad de corriente para un OLED estándar, un OLED como en el ejemplo 4 ($n = 2$) y un OLED como en el ejemplo 3 ($n = 1$ con capa de transporte de huecos dopada y capa de transporte de electrones dopada).

A continuación se describe una forma de realización preferida de la presente invención. Se muestra el caso general de multiheterounión dentro de la zona de emisión (5).

El OLED con emisión de los excitones de triplete está compuesto por las capas siguientes:

Ejemplo 1

1. Substrato,
2. Electrodo de base, por ejemplo de inyección de huecos (ánodo),
3. Capa de inyección de huecos,
4. Capa de transporte de huecos (HTL),
- 4a. Eventualmente, capa de bloqueo, lado de los huecos, zona de emisión de luz = multiheterounión ($n = 3$),
- 5A1d. Material de transporte de huecos (o material de transporte bipolar), dopado con dopante emisor,

ES 2 270 057 T3

5B1d. ó 5B1u. Capa de transporte de electrones (o capa de transporte bipolar), eventualmente dopada con dopante emisor,

5A2d. Material de transporte de huecos (o material de transporte bipolar), dopado con dopante emisor,

5B2d. ó 5B2u. Capa de transporte de electrones (o capa de transporte bipolar), eventualmente dopada con dopante emisor,

5A3d. Material de transporte de huecos (o material de transporte bipolar), dopado con dopante emisor,

5B3d. ó 5B3u. Capa de transporte de electrones (o capa de transporte bipolar), eventualmente dopada con dopante emisor,

6. Capa de transporte de electrones (ETL),

7. Capa de inyección de electrones,

8. Electrodo de cubierta (cátodo),

9. Blindaje, siendo la interfase ABAB... de tipo “heterounión escalonada tipo II”.

Una realización típica de la forma de realización descrita anteriormente es la secuencia de materiales siguiente (ver figura 4). Estos materiales son ejemplos que deben mostrar una secuencia de capas conforme con la presente invención:

Ejemplo 2

1. Substrato de vidrio,

2. Ánodo de ITO,

4. Starburst (MTDATA) dopado con F4-TCNQ 100 nm (aumento de conductividad),

4a. TPD (trifenildiamina) 5 nm, HOMO = -5,4 eV, LUMO = -2,4 eV, zona de emisión de luz = multiheterounión (n = 3),

5A1d. TCTA dopado con Ir(ppy)₃ como emisor triplete 10 nm,

5B1u. BPhen 5 nm,

5A2d. TCTA:Ir(ppy)₃ 15 nm,

5B2u. BPhen 5 nm,

5A3d. TCTA:Ir(ppy)₃ 2 nm,

5B3u. BPhen 10 nm,

6. Alq₃ 40 nm,

7. LiF (fluoruro de litio) 1 nm,

8. Aluminio (cátodo).

En este caso, la interfase AB se realiza de tal modo que los huecos se bloquean más eficazmente en la interfase AB. Esto es necesario, dado que sólo el material A está dopado con el dopante emisor, con lo que la mayor densidad de portadores de carga debe encontrarse en el material A. Sin embargo, aún es más importante el hecho de que los excitones triplete en B presentan una mayor energía que los de A. Por ello, los excitones generados en B pueden transformarse posteriormente en excitones en A (o en el dopante emisor de A).

En la disposición de niveles de energía de la figura 4 puede observarse que:

- Los excitones generados en la capa interna con dopante emisor triplete de TCTA (5A2, sirviendo los mismos argumentos para las capas 5A1 y 5A3) no pueden abandonarla, dado que el estado triplete sobre BPhen presenta una energía más elevada.

ES 2 270 057 T3

- Los excitones generados en las capas 5B1 y 5B2 pueden difundirse en las dos direcciones hacia una interfase con TCTA:Ir(ppy)₃, donde pueden transformarse en excitones triplete sobre TCTA o sobre Ir(ppy)₃ (energía menor de estos excitones triplete). Éstos se recombinan con emisión de luz.

- Los huecos que van a parar a la zona de emisión pueden recombinarse posteriormente en la interfase entre 5A3 y 5B3 hasta constituir excitones triplete, principalmente del tipo sobre 5A3 (en este caso, TCTA:Ir(ppy)₃).

- Los electrones que van a parar a la zona de emisión pueden recombinarse posteriormente en la interfase entre 5A1 y 4a con huecos de dicha interfase (en la interfase de 5A1 a 4a sólo son bloqueados débilmente). En este lugar pueden constituir excitones sobre TCTA o sobre Ir(ppy)₃ (en 5A1).

Los espesores de las distintas capas se seleccionan de tal modo que se alcanza un buen equilibrio entre huecos y electrones dentro de la zona de emisión (equilibrio entre efectos de bloqueo y transporte de portadores de carga). Por ello, el espesor de la última capa TCTA:Ir(ppy)₃ (5A3) es menor que los de las capas 5A1 y 5A2. Esto permite una buena inyección de electrones en las otras capas dopadas con emisor (5A1 y 5A2), dado que el TCTA presenta una barrera relativamente pequeña para la inyección de electrones pero una movilidad de electrones baja. Sin embargo, el espesor de la capa 5A3 es lo suficientemente grande para que los huecos restantes que alcanzan esta capa puedan recombinarse con los electrones presentes en la misma. Todos los huecos y electrones inyectados se recombinan dentro de la zona de emisión y, posteriormente, se desintegran con irradiación, dado que todos los excitones formados son capaces de alcanzar una parte de la zona de emisión, en la que pueden desintegrarse a través del dopante emisor triplete. El OLED funcionaría igual de bien en el caso en el que el material de capa de bloqueo y el material de transporte de electrones (BPhen) dentro de la zona de emisión estuviera dopado igualmente con el mismo o con otro dopante emisor triplete.

El número de heterouniones, que en los dos ejemplos anteriores es $n = 3$, puede ser mayor o menor. En el caso $n = 1$, los dos materiales A y B de la heterounión pueden estar dopados con un dopante emisor triplete a efectos de tener una estructura conforme con la presente invención. Un ejemplo de forma de realización preferida con materiales de ejemplo es (ver figura 5):

Ejemplo 3

1. Substrato,
2. Electrodo de base, por ejemplo ánodo de ITO,
3. Capa de inyección de huecos, por ejemplo una ftalocianina,
4. Capa de transporte de huecos, por ejemplo MTDATA:F4-TCNQ,
- 4a. Capa de bloque en el lado de los huecos, por ejemplo TPD zona de emisión de luz = multiheterounión ($n = 1$),
- 5A1d. Capa de transporte de huecos, dopada con dopantes emisores, por ejemplo TCTA:Ir(ppy)₃,
- 5B1d. Capa de transporte de electrones y capa de transporte de huecos, dopadas con dopantes emisores, por ejemplo BPhen:Ir(ppy)₃,
- 6a. Capa de bloque en el lado de los electrones, por ejemplo BCP,
6. Capa de transporte de electrones, por ejemplo Alq₃,
7. Capa de inyección de electrones, por ejemplo LiF,
8. Electrodo de cubierta (cátodo), por ejemplo aluminio.

En esta estructura de OLED, la formación de excitones tiene lugar nuevamente cerca de la interfase entre 5A1 y 5B1 (dado que ésta constituye una "heterounión escalonada tipo II"). Los excitones de interfase pueden transferir su energía a un excitón triplete de la capa 5A1 o de la capa 5B1. Las dos capas están dopadas con un dopante emisor triplete. En ellas pueden difundirse, pero son detenidos en las interfases entre 4a y 6a y, en consecuencia, se desintegran con irradiación en las capas dopadas. La utilización de materiales de transporte de huecos y materiales de transporte de electrones, ambos dotados con un emisor triplete, permite que todos los excitones puedan recombinarse con irradiación.

En la figura 6 se muestra la curva de eficacia de corriente en función de densidad de corriente para una muestra conforme con el ejemplo de realización 3. La estructura exacta del OLED es: ITO/MTDATA p-dopado 100 nm (4)/TCTA dopado con Ir(ppy)₃ 10 nm (5A1d)/BPhen dopado con Ir(ppy)₃ 10 nm (5B1d)/BPhen 40 nm (6)/LiF 1 nm (7)/Al (8). En esta realización, la capa (4) reúne propiedades de transporte de huecos y de capa de bloqueo.

A continuación se muestra otro ejemplo de forma de realización con materiales a título de ejemplo, y se comparan sus propiedades optoelectrónicas con una muestra estándar (sin heterounión en la zona de emisión):

Ejemplo 4

1. Substrato,
2. Ánodo de ITO,
4. MTDATA:F4-TCNQ 100 nm, zona de emisión de luz = multiheterounión ($n = 2$),
- 5A1d. TCTA:Ir(ppy)₃ 20 nm,
- 5B1u. BPhen 10 nm,
- 5A2d. TCTA:Ir(ppy)₃ 1,5 nm,
- 5B2u. BPhen 20 nm,
6. Alq₃ 30 nm,
7. LiF (fluoruro de litio) 1 nm,
8. Aluminio.

En esta estructura, se ha prescindido de las capas de bloqueo, dado que (i) MTDATA ya bloquea eficazmente los electrones, y (ii) la última capa de la multiheterounión (5B2) actúa igualmente como capa de bloqueo para los agujeros.

La estructura estándar está compuesta por:

Estructura estándar

- 2: ITO
- 4: MTDATA:F4-TCNQ 100 nm
- 5: TCTA:Ir(ppy)₃ 20 nm
- 6a: BPhen 20 nm
- 6: Alq₃ 30 nm
- 7: LiF 1 nm
- 8: Al.

En la figura 6 se comparan las eficacias de estos dos OLED (en función de la densidad de corriente). La eficacia sin multiheterounión es como máximo de 20 cd/A, y la eficacia con multiheterounión ($n = 2$) es superior a 40 cd/A. La eficacia del OLED se pudo aumentar en un factor de 2 sin utilizar otros materiales en el OLED. La figura 6 muestra además la curva de eficacia del OLED del ejemplo 3. Éste también muestra el doble de eficacia.

El aumento de la eficacia de corriente no puede atribuirse a efectos de microcavidades, dado que los espesores absolutos de capa de las muestras son aproximadamente iguales y los índices de refracción de las capas orgánicas se diferencian en valores despreciables. De este modo, no puede esperarse un aumento de la densidad lumínica en el sentido de conducción.

Se conocen las heterouniones en la zona de emisión de los OLED para OLED con emisión de excitones en estado singulete. A diferencia de la presente invención, en éstos se utilizan mayoritariamente capas no dopadas en las denominadas estructuras de pozos cuánticos múltiples ("multiple quantum well structures") (Y. Ohmori *et al.*, Appl. Phys. Lett. 62 (1993), 3250; Y. Ohmori *et al.*, Appl. Phys. Lett. 63 (1993), 1871). Estas estructuras de pozos cuánticos múltiples (a veces denominadas superretículas ("superlattices") o estructuras multicapa) están configuradas de tal modo que el espectro de emisión del OLED puede ser influido. Sin embargo, se ha comprobado que estas estructuras (por ejemplo, cambiando Alq₃ por TPD, una interfase que también es de tipo II) no produce ningún aumento significativo de la eficacia del OLED. Mori *et al.* (T. Mori *et al.*, J. Phys. D - Appl. Phys. 32 (1999), 1198) han analizado el efecto de una estructura empaquetada ("stacked structure") sobre OLED con dopante emisor singulete en la zona de emisión, y han comprobado una disminución de la eficacia del OLED. Por ello, debe notarse que la zona de emisión multicapa de tipo II, en el caso de la emisión singulete, actúa de forma distinta que en el caso de la emisión triplete descrita anteriormente. Esto tiene relación, tal como se ha configurado, con el prolongado tiempo de vida de los excitones en estado triplete y la elevada energía de enlace de los excitones. La causa de ello es la posibilidad de que los excitones singulete constituyan de forma relativamente fácil una interfase de tipo II en la que los excitones se forman únicamente en un

lado de la interfase, concretamente, de forma preferente, en la de un rendimiento más elevado en recombinación con irradiación de los excitones en estado singulete. Sin embargo, debido a la elevada energía de enlace de los excitones triplete, estos excitones triplete se forman en los dos lados de los dos materiales. La ventaja de los componentes sobre la base de la estructura dada a conocer en la presente patente consiste en que la misma puede “acumular” eficazmente huecos y electrones y transformarlos en luz.

En un trabajo de Huang *et al.* (J.S. Huang, Jpn. J. Appl. Phys. 40 (2001) 6630) se propuso una estructura de pozos cuánticos múltiples que constituye una zona de emisión (5) en una estructura estándar con Spiro-TAD (una versión más estable del material TPD) y Alq₃ (es decir, interfases de tipo II). Tampoco en este caso pudo comprobarse ningún aumento significativo de la eficacia (de 4 a 4,5 cd/A para una tensión de trabajo de 4,5 eV). Por otro lado, Huang *et al.* (J.S. Huang *et al.*, Appl. Phys. Lett. 73 (1998) 3348) descubrieron un aumento significativo de la eficacia para una estructura multicapa con Alq₃ y Rubrene (un colorante emisor singulete naranja) dopado con Alq₃ en la zona de emisión (5). Esta estructura constituye heterouniones de tipo I en las que únicamente los excitones son “atrapados” en las capas dopadas con Rubrene, con lo que no está conforme con la presente patente. Otro enfoque con respecto a los OLED emisores singulete es el de Sakamoto *et al.* (G. Sakamoto *et al.*, Appl. Phys. Lett. 75 (1999) 766), que propuso una estructura de OLED con la secuencia de capas siguiente: ánodo/capa de inyección de huecos/capa de transporte de huecos dopada con Rubrene/capa de transporte de electrones y capa emisora (Alq₃) dopada con Rubrene/cátodo. La eficacia de este componente sólo pudo aumentarse un poco en comparación con el componente en el que únicamente la capa de emisión estaba dopada con Rubrene. El efecto principal consistió en un aumento del tiempo de vida del OLED. La causa de la elevada estabilidad reside en la disminución de las densidades de huecos libres en la capa de emisión Alq₃, lo que comporta una oxidación irreversible disminuida de Alq₃. El pequeño aumento de la eficacia en el OLED dopado doblemente puede atribuirse a un equilibrio mejorado de huecos y electrones en la capa de emisión.

Los ejemplos expuestos anteriormente describen el concepto que se da a conocer en el presente documento. El especialista en la materia puede proponer muchos otros ejemplos de realización conformes con la presente invención que no pueden ser descritos en detalle en el presente documento. Por ejemplo, es evidente que la estructura de componente ABAB... también puede ser de tipo ABCD... si el material C presenta propiedades similares al material A (transporte de huecos o transporte bipolar), el material D presenta propiedades similares al material B (transporte de electrones o transporte bipolar) y las interfases son de tipo II.

Lista de números de referencia

- 1 Substrato
- 2 Ánodo/cátodo
- 3 Capa de inyección de huecos (eventualmente dopada para aumentar la conductividad)
- 4 Capa de transporte de huecos (eventualmente dopada para aumentar la conductividad)
- 4a Capa de bloqueo en el lado de los huecos
- 5 Capa emisora de luz, que puede estar compuesta por varias capas: 5A1d, 5A2d, 5A3d, material de multiheterounión de tipo A (transporte de huecos), dopado con dopantes emisores
- 5B1d, 5B2d, 5B3d Material de multiheterounión de tipo B (transporte de electrones y bloqueador de agujeros), dopado con dopantes emisores
- 5B1u, 5B2u, 5B3u Material de multiheterounión de tipo B (transporte de electrones y bloqueador de agujeros), no dopado con dopantes emisores
- 6a Capa de bloqueo del lado de los electrones
- 6 Capa de transporte de electrones (eventualmente dopada para aumentar la conductividad)
- 7 Capa de inyección de electrones (eventualmente dopada para aumentar la conductividad)
- 8 Cátodo
- 9 Blindaje
- A primera parte de la heterounión
- B segunda parte de la heterounión

REIVINDICACIONES

1. Componente emisor de luz con capas orgánicas y emisión de excitones en estado triplete (luz fosforescente) con eficacia aumentada, que presenta una sucesión de capas con un contacto de inyección de huecos (ánodo) (2), una o más capas de inyección y transporte de huecos (3, 4), un sistema de capas (5) en la zona de emisión de luz, una o más capas de inyección y transporte de electrones (6, 7) y un contacto de inyección de electrones (cátodo) (8), **caracterizado** porque la zona de emisión de luz está compuesta por una serie de heterouniones (ABAB...; ABCD...), que constituyen unas interfases de tipo “escalonado tipo II” entre las capas (5), en las que un nivel inferior de energía no ocupado (LUMO) de un material (A; C) es energéticamente superior con respecto a un nivel inferior de energía no ocupado (LUMO) de otro material (B; D) y en las que un nivel superior de energía ocupado (HOMO) del material (A; C) es energéticamente superior con respecto a un nivel superior de energía ocupado (HOMO) del otro material (B; D), estando dispuestas alternadamente en el sistema de capas apiladas una capa del material (A; C) con propiedades de transporte transportadoras de huecos o bipolares, y una capa del otro material (B; D) con propiedades de transporte transportadoras de electrones o bipolares, y mezclándose, por lo menos, uno de los materiales con un dopante emisor en estado triplete.

2. Componente emisor de luz con capas orgánicas y emisión de excitones en estado triplete (luz fosforescente) con eficacia aumentada, que presenta una sucesión de capas con un contacto de inyección de huecos (ánodo) (2), una o más capas de inyección y transporte de huecos (3, 4), un sistema de capas (5) en la zona de emisión de luz, una o más capas de inyección y transporte de electrones (6, 7) y un contacto de inyección de electrones (cátodo) (8), **caracterizado** porque la zona de emisión de luz está compuesta por una heterounión con los materiales A y B (AB), siendo la interfase de tipo “escalonado tipo II”, en la que un nivel inferior de energía no ocupado (LUMO) de un material (A) es energéticamente superior con respecto a un nivel inferior de energía no ocupado (LUMO) de otro material (B) y en la que un nivel superior de energía ocupado (HOMO) del material (A) es energéticamente superior con respecto a un nivel superior de energía ocupado (HOMO) del otro material (B), presentando el material (A) unas propiedades de transporte transportadoras de huecos o bipolares y el otro material (B) presentan unas propiedades de transporte transportadoras de electrones o bipolares, y mezclándose los dos materiales (A, B) con un dopante emisor en estado triplete.

3. Componente emisor de luz según las reivindicaciones 1 ó 2, **caracterizado** porque los materiales en la zona de emisión de luz se mezclan con el mismo dopante emisor en estado triplete.

4. Componente emisor de luz según las reivindicaciones 1 ó 2, **caracterizado** porque el material (A) se mezcla con un dopante emisor en estado triplete y el material (B) se mezcla con otro dopante emisor en estado triplete.

5. Componente emisor de luz según la reivindicación 1, **caracterizado** porque únicamente el material A (ó B) se mezcla con un dopante emisor en estado triplete, siendo la energía del estado triplete inferior en el material B (ó A), por lo menos, tan grande como la del estado triplete en el material A (ó B).

6. Componente emisor de luz según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el material A (o el material B) se mezcla con un dopante emisor en estado triplete y el material B (ó A) se mezcla con un dopante emisor, siendo la energía del estado triplete inferior en el material B (ó A), por lo menos, tan grande como la del estado triplete en el material A (ó B).

7. Componente emisor de luz según una de las reivindicaciones 1, 3, 4 a 6, **caracterizado** porque la heterounión en la zona de emisión de luz ocurre entre 2 veces (A1B1A2B2) y 10 veces ([AB]₁₀).

8. Componente emisor de luz según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado** porque las interfases entre A y B son capaces de bloquear huecos (o electrones) en la interfase de A a B (o de B a A) y de impedir sólo débilmente electrones (o huecos) en la interfase de B a A (o de A a B) (barrera para la inyección de portadores de carga < 0,2 eV), y porque el material B (ó A) presenta una separación energética entre bandas mayor que el material A (ó B).

9. Componente emisor de luz según una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado** porque presenta una capa de bloqueo (4a) dispuesta entre una capa de transporte de huecos (4) más interior y una primera capa de emisión de luz (A1) (5), constituyéndose una barrera para la inyección de electrones desde A1 en la capa de transporte de huecos (4).

10. Componente emisor de luz según una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado** porque presenta una capa de bloqueo (6a) dispuesta entre una capa de transporte de electrones (6) más interior y una última capa de emisión de luz (Bn), constituyéndose una barrera para la inyección de huecos desde la capa de emisión de luz (5) en la capa de transporte de electrones (6).

11. Componente emisor de luz según una de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado** porque los espesores de capa de las capas orgánicas están comprendidos entre 0,1 nm y 50 μ m.

12. Componente emisor de luz según una de las reivindicaciones 1 a 11, **caracterizado** porque las capas están compuestas por moléculas pequeñas vaporizadas bajo vacío o están compuestas parcial o totalmente por polímeros.

ES 2 270 057 T3

13. Componente emisor de luz según una de las reivindicaciones 1 a 12, **caracterizado** porque las capas mixtas se preparan mediante vaporización mixta en vacío, aplicación de una capa mixta a partir de una solución o aplicación sucesiva de los materiales con posterior difusión de los dopantes en las capas.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

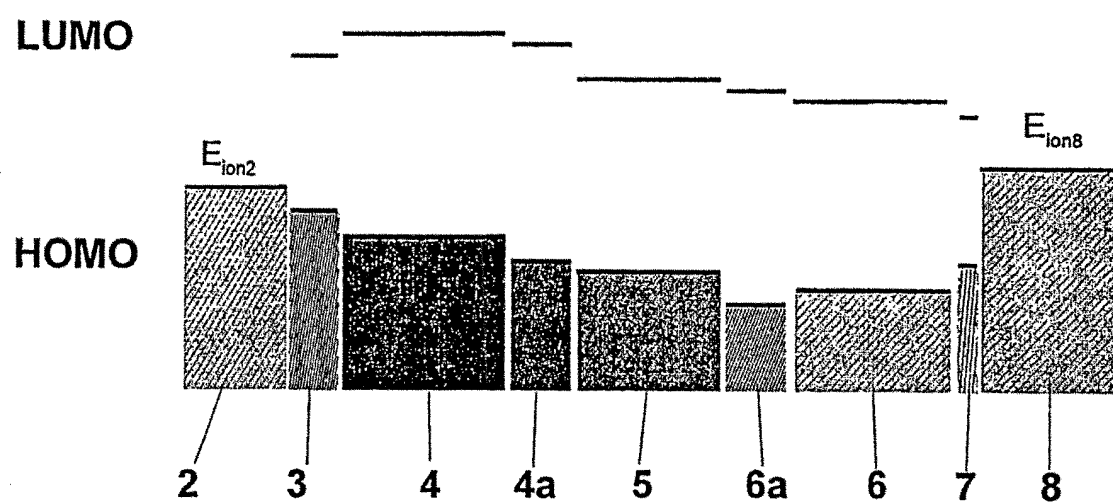


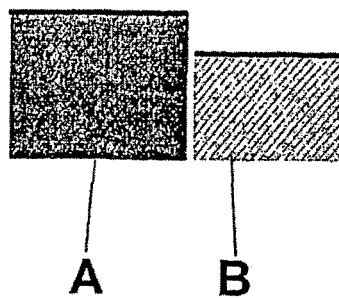
Figura 1

LUMO

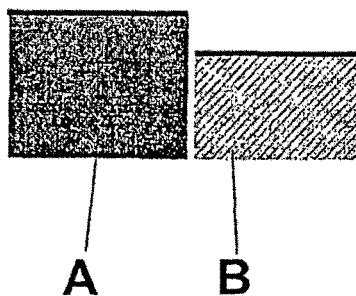


The diagram shows two horizontal lines representing energy levels. The line on the left is lower than the line on the right.

HOMO



Tipo I



Escalonado tipo II

Figura 2

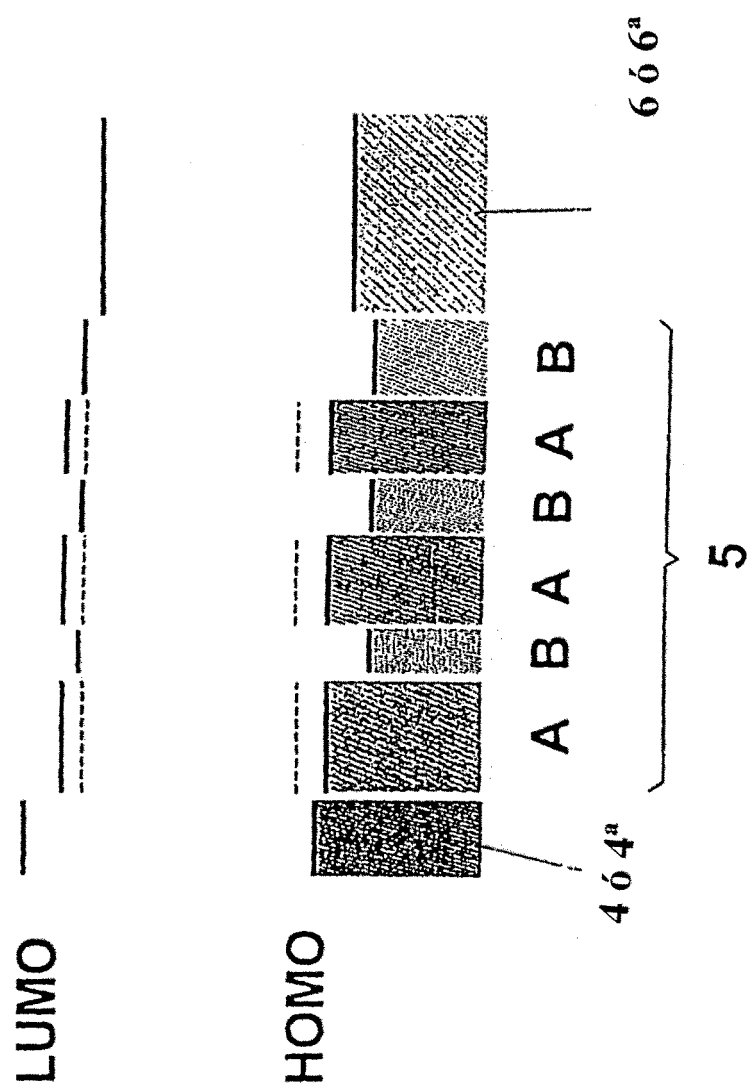


Figura 3

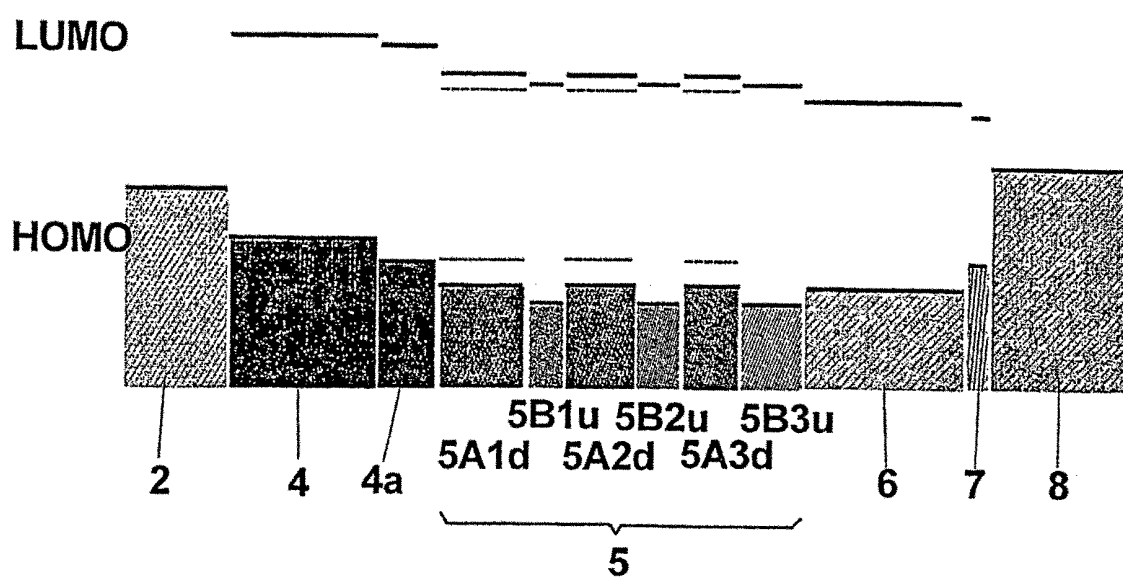


Figura 4

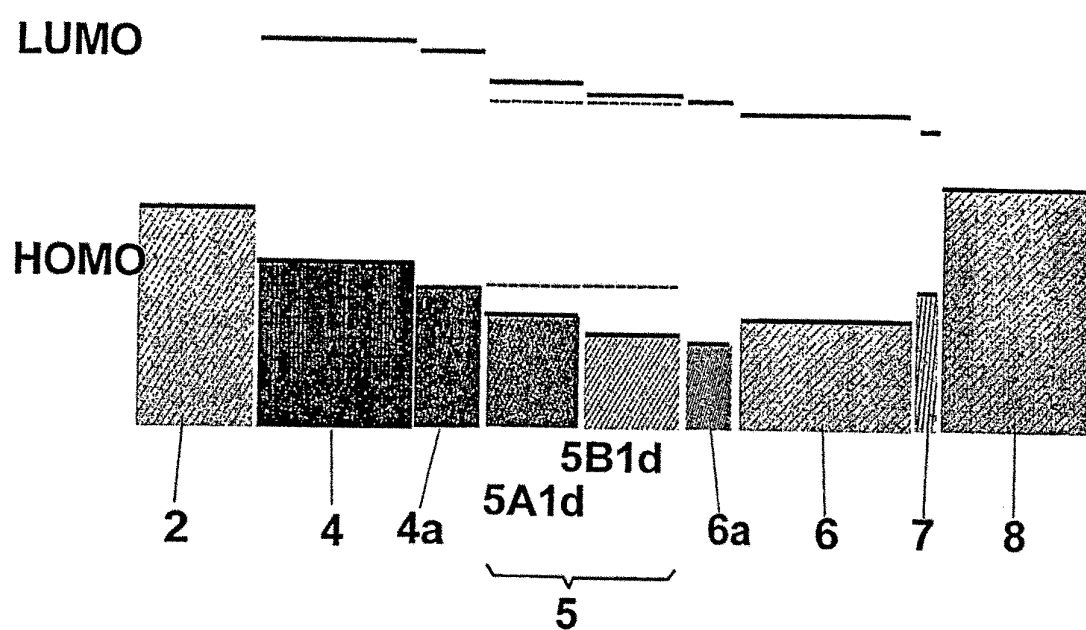


Figura 5

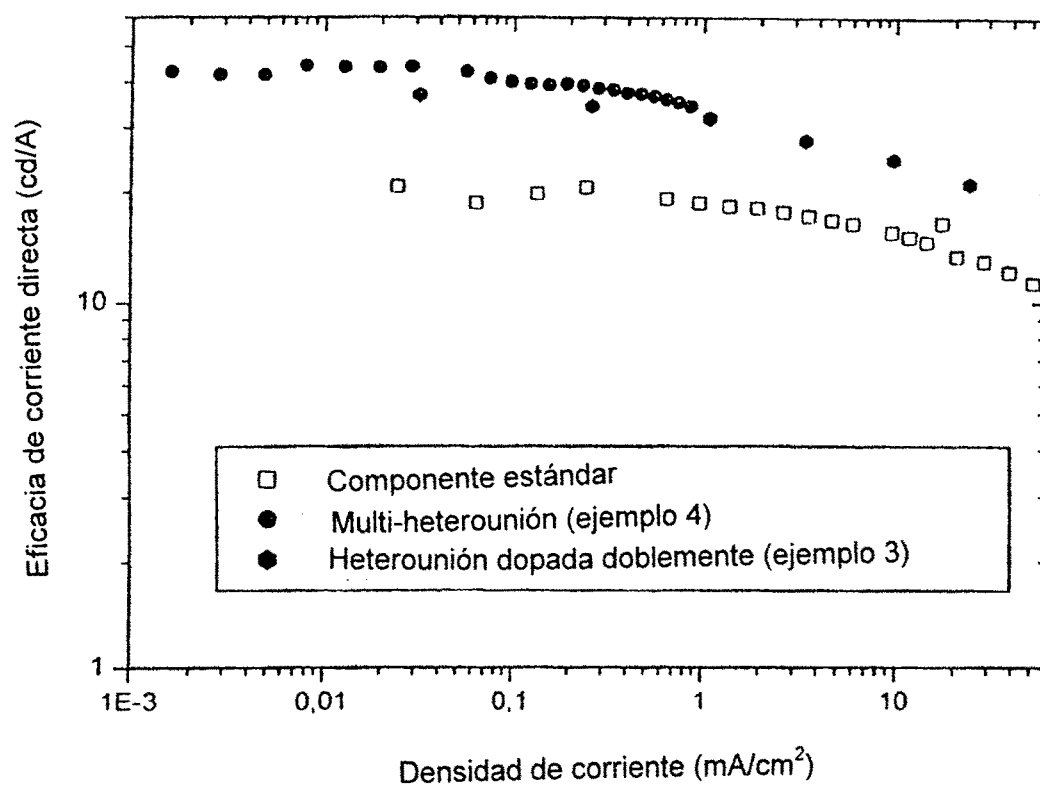


Figura 6