

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 004 346**

51 Int. Cl.:

H02S 40/20

(2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.04.2019** **PCT/IB2019/053186**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.10.2019** **WO19202529**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.04.2019** **E 19727721 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.11.2024** **EP 3782279**

54 Título: **Concentradores solares luminiscentes de coloración neutra**

30 Prioridad:

19.04.2018 IT 201800004707

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

12.03.2025

73 Titular/es:

**ENI S.P.A. (100.00%)
Piazzale Enrico Mattei, 1
00144 Roma, IT**

72 Inventor/es:

**FUSCO, ROBERTO;
GILA, LILIANA;
CACCIANOTTI, LUCIANO y
PROTO, ANTONIO ALFONSO**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 3 004 346 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

Concentradores solares luminiscentes de coloración neutra

5 La presente invención se refiere a un concentrador solar luminiscente (LSC, por sus siglas en inglés) de coloración neutra. US2016/327714A es una técnica anterior relevante y también lo es XP020278905 de Cheng Liu *et al.* *JOURNAL OF OPTICS*, INSTITUTE OF PHYSICS PUBLISHING, BRISTOL GB, Vol. 17, n. 2, página 25901 (2015).

10 Más particularmente, la presente invención se refiere a un concentrador solar luminiscente (LSC) de coloración neutra que comprende al menos una primera lámina que comprende una matriz de un material transparente y al menos un primer compuesto orgánico fotoluminiscente; al menos una segunda lámina que comprende una matriz de un material transparente y al menos un segundo compuesto orgánico fotoluminiscente; al menos una tercera lámina que comprende una matriz de un material transparente y al menos un tercer compuesto orgánico, opcionalmente fotoluminiscente; dichos compuestos orgánicos primero, segundo y tercero tienen intervalos
15 específicos de absorción y emisión.

Dicho concentrador solar luminiscente de coloración neutra puede usarse ventajosamente en diversas aplicaciones que requieren la producción de energía eléctrica mediante el aprovechamiento de la energía luminosa, en particular la energía de radiación solar, tales como, por ejemplo: sistemas fotovoltaicos integrados en edificios (BIPV, por sus siglas en inglés), ventanas fotovoltaicas, invernaderos, fotobiorreactores, barreras acústicas, luminotecnica, diseño, publicidad, industria del automóvil.
20

En las técnicas anteriores, una de las principales limitaciones en la explotación de la energía de la radiación solar está representada por la capacidad de los dispositivos fotovoltaicos (o dispositivos solares) para absorber de forma
25 óptima exclusivamente la radiación que tiene longitudes de onda que caen dentro de un intervalo restringido del espectro.

Dado un intervalo espectral de radiación solar que se extiende desde longitudes de onda de aproximadamente 300 nm a longitudes de onda de aproximadamente 2500 nm, las celdas fotovoltaicas (o celdas solares) basadas en silicio cristalino, por ejemplo, presentan una zona de conversión energética óptima dentro del intervalo 900 nm-1100 nm, mientras que las celdas fotovoltaicas (o celdas solares) poliméricas son susceptibles de sufrir daños si se exponen a radiaciones con longitudes de onda inferiores a aproximadamente 500 nm, debido a fenómenos de fotodegradación inducida, que se vuelven significativos por debajo de este límite. La eficiencia de los dispositivos fotovoltaicos (o dispositivos solares) de última generación es típicamente máxima en la región del espectro entre
30 570 nm y 680 nm (amarillo-naranja).
35

Las desventajas mencionadas anteriormente conllevan una eficiencia cuántica externa (EQE, por sus siglas en inglés) limitada de los dispositivos fotovoltaicos (o dispositivos solares), definida como la relación entre el número de pares electrón-hueco generados dentro del material semiconductor de los dispositivos fotovoltaicos (o dispositivos solares) y el número de fotones que inciden sobre dichos dispositivos fotovoltaicos (o dispositivos solares).
40

Para mejorar la eficiencia cuántica externa (EQE) de los dispositivos fotovoltaicos (o dispositivos solares) se han desarrollado instrumentos que, cuando están colocados entre la fuente de radiación luminosa (el sol) y los dispositivos fotovoltaicos (o dispositivos solares), absorben selectivamente la radiación incidente que tiene longitudes de onda fuera del espectro efectivo de dichos dispositivos fotovoltaicos (o dispositivos solares), al emitir la energía absorbida en forma de fotones de longitud de onda comprendida dentro del espectro efectivo. Dichos instrumentos se denominan concentradores solares luminiscentes (LSC). Cuando la energía de los fotones reemitidos por los concentradores solares luminiscentes (LSC) es mayor que la de los fotones incidentes, el proceso de fotoluminiscencia, que comprende la absorción de radiaciones solares y la reemisión sucesiva de fotones de longitud de onda más corta, también se denomina proceso de "conversión ascendente". Por el contrario, cuando la energía de los fotones emitidos por los concentradores solares luminiscentes (LSC) es menor a la de los fotones incidentes, el proceso de fotoluminiscencia se define como un proceso de "conversión hacia abajo" (o "desplazamiento hacia abajo").
45 50 55

Dichos concentradores solares luminiscentes (LSC) consisten generalmente en grandes láminas de un material transparente a la radiación solar (por ejemplo, materiales poliméricos o vidrio), en cuyo interior se encuentran dispersos o unidos químicamente a dichos materiales poliméricos, o depositados sobre la superficie de dichos materiales poliméricos o vidrio, compuestos fotoluminiscentes que actúan como convertidores de espectro. Por efecto del fenómeno óptico de la reflexión total, la radiación emitida por los compuestos fotoluminiscentes es "guiada" hacia los bordes finos de la lámina, donde se concentra en las celdas fotovoltaicas (o celdas solares) colocadas sobre el mismo. De este modo, se pueden usar grandes superficies de materiales de bajo coste (las láminas fotoluminiscentes) para concentrar la luz en pequeñas superficies de materiales de alto coste [celdas fotovoltaicas (o celdas solares)].
60 65

Los compuestos fotoluminiscentes pueden depositarse sobre el soporte de vidrio o material polimérico en forma

de película fina o, en el caso de los materiales poliméricos, pueden dispersarse dentro de la matriz polimérica. Alternativamente, la matriz polimérica puede funcionalizarse directamente con grupos cromóforos fotoluminiscentes.

- 5 Como es sabido, los compuestos fotoluminiscentes mencionados pueden ser de naturaleza orgánica (por ejemplo, compuestos que comprenden anillos aromáticos), o de naturaleza inorgánica (por ejemplo, puntos cuánticos).

10 Los compuestos fotoluminiscentes orgánicos generalmente tienen intervalos de absorción e intervalos de emisión dentro de la zona visible (400 nm-800 nm), la zona más energética del espectro solar. Para aprovechar mejor esta energía, con la consiguiente mejora del rendimiento de los concentradores solares luminiscentes (LSC), se han usado sistemas que comprenden diferentes compuestos fotoluminiscentes capaces de absorber y emitir en varias zonas del espectro visible, cubriendo así una zona más amplia del mismo que la cubierta por un único compuesto fotoluminiscente, es decir los denominados "sistemas multitinte", que generalmente comprenden compuestos fotoluminiscentes que absorben y emiten a determinadas longitudes de onda, preferiblemente a longitudes de onda entre 400 nm y 700 nm, de modo tal que la energía emitida por un compuesto fotoluminiscente es reabsorbida por otro compuesto fotoluminiscente y subsecuentemente reemitida, y así sucesivamente, de modo tal que se aprovecha un intervalo más amplio del espectro de la radiación solar.

20 Por ejemplo, a finales de los años 70, Schwartz B. A. *et al.*, en "*Optics Letters*" (1977), Vol. 1, No. 2, págs. 73-75, describen un concentrador solar plano constituido por una lámina de poli(metacrilato de metilo) (PMMA, por sus siglas en inglés) que contiene una mezcla de dos compuestos fotoluminiscentes, es decir, cumarina 6 y rodamina 6G (en una concentración igual a aproximadamente 10^{-4} M). Se midió la corriente producida por una celda fotovoltaica de silicio colocada en uno de los bordes de dicha lámina y se comparó con la de un concentrador solar planar de referencia consistente en una lámina de poli(metacrilato de metilo) (PMMA) que solamente comprende cumarina 6 (en una concentración igual a aproximadamente 10^{-4} M). Se comprobó que el concentrador solar plano constituido por una lámina de poli(metacrilato de metilo) (PMMA) que comprende la mezcla de los dos compuestos fotoluminiscentes permitía producir una corriente equivalente a aproximadamente el doble de la producida por la lámina de poli(metacrilato de metilo) (PMMA) que comprende únicamente cumarina 6. Se demostró que la cumarina 6 (un compuesto donador de electrones) es capaz de absorber una parte de la energía solar y transferirla a la rodamina 6G (un compuesto receptor de electrones), que es capaz de reemitirla a una longitud de onda mayor que cubre un intervalo del espectro solar mayor que el cubierto por la cumarina 6 sola o por la rodamina 6G sola.

35 Bailey S.T. *et al.*, en "*Solar Energy Materials & Solar Cells*" (2007), Vol. 91, págs. 67-75, describen un concentrador solar luminiscente (LSC) compuesto por una película delgada de copolímero de acrilato de metilo/acrilato de etilo que comprende uno, dos o tres compuesto(s) fotoluminiscente(s). Dado que el grosor de las películas es en general menor que el de las láminas (es decir, μm contra mm), el objetivo era maximizar la proximidad de las moléculas para obtener una transferencia de energía no radiativa (FRET, por sus siglas en inglés, "Forster Resonance Energy Transfer", Transferencia de energía por resonancia de Forster) con el fin de mejorar el rendimiento. Los compuestos fotoluminiscentes usados se derivaron del 4,4-difluoro-4-bora-3a,4a,-diaz-s-indaceno (BODIPY, por sus siglas en inglés) respectivamente BODIPY 494/505, BODIPY 535/558 y BODIPY 564/591 (en donde los números corresponden a las longitudes de onda de absorción y emisión, respectivamente). Cada lámina se preparó depositando por fundición una solución del tinte o los tintes sobre la lámina delgada del polímero anterior a una concentración igual a 1×10^{-2} M. Se comprobó que el concentrador solar luminiscente (LSC) que comprendía tres compuestos fotoluminiscentes diferentes absorbía 70 % de los fotones en el intervalo de 350 nm-650 nm, aproximadamente 1,5 veces más que el concentrador solar luminiscente (LSC) que comprendía el mejor de los tintes individuales y el dispositivo, preparado colocando dos celdas fotovoltaicas en un borde de la lámina demostró un aumento de eficiencia de 30 %.

50 Goldschmidt J. C. *et al.*, en "*Solar Energy Materials & Solar Cells*" (2009), Vol. 93, págs. 176-182, de nuevo con la intención de mejorar la eficiencia de los concentradores solares luminiscentes, describen un dispositivo obtenido mediante la combinación de dos concentradores solares luminiscentes, cada uno de los cuales comprende un compuesto fotoluminiscente diferente. El dispositivo final estaba formado por dos concentradores solares luminiscentes apilados de $2 \times 2 \times 0,3$ cm cada uno y había cuatro celdas solares de GaInP, una por lado: cada celda solar individual tenía 6 mm de altura, de modo que cada celda solar recibía luz de ambos concentradores. 55 El dispositivo con los dos concentradores solares luminiscentes de tinte demostró una eficiencia de 6,7 %, mientras que el dispositivo con un único concentrador solar luminiscente compuesto por el más eficiente de los compuestos fotoluminiscentes usados demostró una eficiencia de 5,1 %.

60 Liu C. *et al.*, en "*Journal of Optics*" (2015), Vol. 17, 025901, describen un dispositivo obtenido mediante la combinación de tres concentradores solares luminiscentes que comprenden cada uno un compuesto fotoluminiscente diferente, en particular, un compuesto fotoluminiscente rojo (Lumogen® F Red 305), un compuesto fotoluminiscente verde (Cotimarina 6) y un compuesto fotoluminiscente azul, perileno, respectivamente. Pegadas en los bordes de cada lámina hay ristras de celdas solares de silicio monocristalino de dimensiones $5 \times 0,5$ cm: el dispositivo obtenido, compuesto por las tres láminas superpuestas y los paneles solares, demostró una eficiencia de conversión de potencia de 1,4 %, siendo dicha eficiencia 16,7 % mayor que la obtenida con un dispositivo compuesto por el concentrador solar luminiscente con solamente el compuesto fotoluminiscente rojo (Lumogen® F 65

Red 305).

Earp A. A. *et al.*, en “*Solar Energy Materials & Solar Cells*” (2004), Vol. 84, págs. 411-426, describen un dispositivo que comprende un concentrador solar luminiscente compuesto por tres láminas de poli(metacrilato de metilo) (PMMA) que contienen tres compuestos fotoluminiscentes diferentes, “violeta”, “verde” y “rosa”, capaces de generar luz blanca. Dicho concentrador solar luminiscente se fijó en el tejado de un edificio o cerca de las ventanas de las habitaciones y las guías de onda emitidas por cada tinte se recogen y conectan en una única guía de onda de poli (metacrilato de metilo) (PMMA) transparente de más de 5 metros que es capaz de alcanzar e iluminar las zonas más oscuras del edificio.

Los concentradores solares luminiscentes (LSC) mencionados anteriormente, que usan una amplia variedad de tintes, aunque son capaces de mejorar el rendimiento, no son sin embargo de coloración neutra.

De acuerdo con las directivas europeas UE2010/31/UE y 2012/27/UE, todos los edificios nuevos deberán tener un consumo de energía próximo a cero (near Zero-Energy Building - nZEB, por sus siglas en inglés), es decir, no solo deberán diseñarse para consumir la menor cantidad de energía posible, sino que también tendrán que producir la energía que consumen. Estas directivas entrarán en vigor a partir de 2020 para las nuevas viviendas, pero para los edificios públicos ya en 2018.

Gracias a su gran versatilidad por la transparencia, flexibilidad y las innumerables formas y colores posibles, los concentradores solares luminiscentes (LSC) se consideran potenciales componentes energéticos estructurales para usar en sistemas fotovoltaicos integrados en edificios (BIPV), con un valor estético y de diseño asimismo considerablemente mejorado en comparación con los paneles fotovoltaicos de silicio convencionales.

El color y el grado de transparencia pueden modularse variando el tipo y la concentración del compuesto o compuestos fotoluminiscentes usados, y dependen del uso final del concentrador solar luminiscente (LSC).

En particular, en virtud de su transparencia, los concentradores solares luminiscentes (LSC) son candidatos potenciales en la construcción de ventanas fotovoltaicas. Para este uso, sin embargo, podría ser preferible una coloración neutra. En efecto, la presencia de una ventana intensamente coloreada dentro de una habitación podría, durante el día, influir en el grado y la calidad de la luminosidad de la habitación y, en consecuencia, convertir la estancia en la habitación en una experiencia desagradable: por consiguiente, sería deseable la presencia de una ventana fotovoltaica que incluyera un concentrador solar luminiscente (LSC) capaz de impartirle una coloración neutra.

Por lo tanto, se han realizado estudios para obtener concentradores solares luminiscentes (LSC) de coloración neutra.

Por ejemplo, la solicitud de patente de EE.UU. US 2014/0130864 describe un concentrador solar transparente que comprende: una guía de ondas transparente [por ejemplo, poli(metacrilato de metilo) (PMMA)]; y una película transparente que incluye una pluralidad de luminóforos transparentes (por ejemplo, agrupaciones de nanocristales de haluros metálicos o sales de tiocarbocianina o derivados de naftalcianina), siendo dichos luminóforos capaces de absorber luz dentro del espectro ultravioleta y emitir la luz dentro del espectro infrarrojo cercano. Se dice que el mencionado concentrador solar transparente puede usarse ventajosamente en ventanas fotovoltaicas.

La solicitud de patente de EE.UU. US 2014/0283896 describe un concentrador solar luminiscente transparente que comprende luminóforos incorporados dentro de una matriz de guía de ondas [por ejemplo, (poli)metacrilato de butilo-co-metacrilato de metilo (PBMA), por sus siglas en inglés], que son capaces tanto de absorber como de emitir selectivamente luz dentro del espectro del infrarrojo cercano (por ejemplo, cianina o sales de la misma) para permitir la funcionalidad de celdas fotovoltaicas aplicadas al menos a un lado o incorporadas en dicha matriz de guía de ondas. Se dice que el concentrador solar luminiscente antes mencionado es altamente transparente al ojo humano, y por lo tanto es ventajosamente usable en ventanas fotovoltaicas, invernaderos, ventanas de automóviles, ventanas de aviones, y similares.

La solicitud de patente internacional WO 2016/116803 describe un concentrador solar luminiscente que comprende una matriz polimérica [por ejemplo, poli(metacrilato de metilo) (PMMA)] o una matriz de vidrio que comprende nanocristales coloidales, dichos nanocristales coloidales son nanocristales de al menos un calcogenuro ternario basado en metales del grupo IB y IIB (grupo 11 y 16, respectivamente, en la nomenclatura IUPAC, por sus siglas en inglés) y de al menos un calcogenuro del grupo IV (grupo 16 en la nomenclatura IUPAC). Se dice que dicho concentrador solar luminiscente es incoloro, es decir, que tiene una coloración neutra (tonos de gris similares a los filtros ópticos normales de densidad óptica neutra).

Meinardi F. *et al.*, en “*Nature Photonics*” (2017), Vol. 11, págs. 177-186, describen un concentrador solar luminiscente que comprende puntos cuánticos de silicio que, de acuerdo con sus dimensiones, son capaces de absorber dentro de un amplio espectro de radiación solar y de emitir dentro del espectro infrarrojo y reducir considerablemente las pérdidas de eficiencia debidas a la reabsorción. Se dice que dicho concentrador solar

luminiscente tiene una eficiencia óptica de 2,85 % y un alto grado de transparencia en todo el espectro visible (70 % de transmitancia) y, en consecuencia, puede usarse ventajosamente en sistemas fotovoltaicos integrados en edificios (BIPV), en particular, en ventanas fotovoltaicas.

5 Sin embargo, los mencionados concentradores solares luminiscentes de coloración neutra pueden presentar algunas desventajas. Por ejemplo, el uso de compuestos inorgánicos o de compuestos orgánicos capaces de absorber la luz dentro del espectro ultravioleta y de emitir la luz dentro del espectro infrarrojo cercano fuera del espectro visible, no permite explotar una gran parte del espectro solar.

10 Dado que el uso de concentradores solares luminiscentes (LSC) de coloración neutra en diversas aplicaciones que requieren la producción de energía eléctrica mediante la explotación de la energía luminosa, en particular la energía de la radiación solar, tal como, por ejemplo: sistemas fotovoltaicos integrados en edificios (BIPV), ventanas fotovoltaicas, invernaderos, fotobiorreactores, barreras acústicas, ingeniería de iluminación, diseño, publicidad, industria del automóvil, es de considerable interés, la producción de nuevos concentradores solares luminiscentes (LSC) de coloración neutra es igualmente de gran interés.

El solicitante se ha planteado el problema de encontrar concentradores solares luminiscentes (LSC) de coloración neutra que sean capaces de rendimientos comparables o incluso mejores que los conocidos, en particular en términos de potencia generada por los dispositivos fotovoltaicos (o dispositivos solares) en los que se usan.

20 El solicitante ha encontrado ahora concentradores solares luminiscentes (LSC) de coloración neutra que comprenden al menos una primera lámina que comprende una matriz de un material transparente y al menos un primer compuesto orgánico fotoluminiscente; al menos una segunda lámina que comprende una matriz de un material transparente y al menos un segundo compuesto orgánico fotoluminiscente; al menos una tercera lámina que comprende una matriz de un material transparente y al menos un tercer compuesto orgánico, opcionalmente fotoluminiscente; dichos compuestos fotoluminiscentes primero, segundo y tercero tienen intervalos de absorción y emisión específicos. En particular, el solicitante ha descubierto que apilando dichas láminas diversas, es posible obtener concentradores solares luminiscentes (LSC) de coloración neutra capaces de rendimientos comparables o incluso mejores que los conocidos, en particular en términos de potencia generada por los dispositivos fotovoltaicos (o dispositivos solares) en los que se usan. Asimismo, dichos concentradores solares luminiscentes (LSC) de coloración neutra son ventajosamente usables en diversas aplicaciones que requieren la producción de energía eléctrica mediante la explotación de la energía luminosa, en particular la energía de la radiación solar, tal como, por ejemplo: sistemas fotovoltaicos integrados en edificios (BIPV); ventanas fotovoltaicas; invernaderos; fotobiorreactores; barreras acústicas; luminotecnica; diseño; publicidad; industria del automóvil.

35 El objeto de la presente invención es por lo tanto un concentrador solar luminiscente (LSC) de coloración neutra de acuerdo con la reivindicación 1.

40 A efectos de la presente descripción y de las reivindicaciones que siguen, las definiciones de los intervalos numéricos comprenden siempre los extremos, a menos que se especifique lo contrario.

A efectos de la presente descripción y de las reivindicaciones que siguen, el término "que comprende" también incluye los términos "que consiste esencialmente en" o "que consiste en".

45 De acuerdo con una realización preferida de la presente invención, dicha al menos una primera, al menos una segunda y al menos una tercera lámina, tienen una superficie superior, una superficie inferior y una o más caras exteriores. De acuerdo con una realización, dicha al menos una primera, al menos una segunda y al menos una tercera lámina, pueden tener un lado exterior (por ejemplo, pueden ser circulares), tres, cuatro, cinco, seis, siete, o más lados. De acuerdo con una realización, dicha al menos una primera, al menos una segunda y al menos una tercera lámina, pueden tener una superficie inferior distanciada de la superficie superior en la que el(los) lado(s) exterior(es) se extienden desde la superficie superior a la inferior.

50 De acuerdo con una realización preferida de la presente invención, dicha al menos una primera, al menos una segunda y al menos una tercera lámina, están apiladas una en relación con la otra de modo tal que las superficies mayores de dicha al menos una primera, al menos una segunda y al menos una tercera lámina, están en contacto directo una con la otra.

60 De acuerdo con otra realización preferida de la presente invención, la superficie inferior más grande de dicha al menos una primera lámina está en contacto directo con la superficie superior más grande de dicha al menos una segunda lámina, la superficie inferior más grande de dicha al menos una segunda lámina está en contacto directo con la superficie superior más grande de dicha al menos una tercera lámina.

65 A efectos de la presente descripción y de las reivindicaciones que siguen, el término "en contacto directo" significa que no hay otros elementos interpuestos entre dicha al menos una primera, al menos una segunda y al menos una tercera lámina.

Con el fin de mejorar las prestaciones de los dispositivos fotovoltaicos (o dispositivos solares) en los que se usan los concentradores solares luminiscentes (LSC) de coloración neutra objeto de la presente invención, en particular en términos de potencia generada por dichos dispositivos fotovoltaicos (o dispositivos solares), es importante el orden en el que se apilan dicha al menos una primera, al menos una segunda y al menos una tercera lámina.

De acuerdo con otra realización de la presente invención, la superficie superior más grande de dicha al menos una primera lámina está más cerca de la fuente de fotones y la superficie inferior más grande de dicha al menos una tercera lámina está más alejada de la fuente de fotones.

De acuerdo con una realización preferida de la presente invención, dicho material transparente puede seleccionarse, por ejemplo, entre: polímeros transparentes tales como, por ejemplo, poli(metacrilato de metilo) (PMMA), policarbonato (PC, por sus siglas en inglés), poli(metacrilato de isobutilo), poli(metacrilato de etilo), poli(carbonato de diglicol de alilo), polimetacrilimida, éter de policarbonato, tereftalato de polietileno, butiral de polivinilo, copolímeros de etileno-acetato de vinilo, copolímeros de etileno-tetrafluoroetileno, poliimida, poliuretano, copolímeros de estireno-acrilonitrilo, copolímeros de estireno-butadieno, poliestireno, copolímeros de metacrilato de metilo-estireno, polietersulfona, polisulfona, triacetato de celulosa, composiciones acrílicas reticuladas transparentes y resistentes a los impactos que consisten en una matriz frágil (I) que tiene una temperatura de transición vítrea (T_g) mayor a 0 °C y dominios elastoméricos con dimensiones menores a 100 nm que consisten en secuencias macromoleculares (II) que tienen una naturaleza flexible con una temperatura de transición vítrea (T_g) menor a 0 °C descritas, por ejemplo, en la solicitud de patente de EE.UU. US 2015/0038650 (denominada en lo sucesivo, para mayor simplicidad, PPMA-IR), o mezclas de las mismas vidrio transparente tal como, por ejemplo, sílice, cuarzo, alúmina, titanio, o mezclas de los mismos. Se prefiere el poli(metacrilato de metilo) (PMMA), el PMMA-IR o mezclas de los mismos. Preferiblemente, dicho material transparente puede tener un índice de refracción dentro del rango de 1,30 a 1,70.

De acuerdo con la presente invención, dicho al menos un primer compuesto orgánico fotoluminiscente se selecciona de:

- compuestos de benzotiadiazol, tales como, por ejemplo, 4,7-di(tien-2'-il)-2,1,3-benzotiadiazol (DTB, por sus siglas en inglés), o mezclas de los mismos;

- compuestos de benzoheterodiazol disustituidos tales como, por ejemplo, 4,7-bis-[5-(2,6-dimetilfenil)-2-tienil]benzo[c]1,2,5-tiadiazol (MPDTB, por sus siglas en inglés), 4,7-bis-[5-(2,6-diisopropilfenil)-2-tienil]benzo[c]1,2,5-tiadiazol (IPDTB, por sus siglas en inglés), 4,7-bis-[4,5-(2,6-dimetilfenil)-2-tienil]benzo[c]1,2,5-tiadiazol (2MPDTB), o mezclas de los mismos;

- compuestos de diariloxibenzoheterodiazol disustituidos, tales como, por ejemplo, 5,6-difenoxi-4,7-bis-(2-tienil)-2,1,3-benzotiadiazol (DTBOP, por sus siglas en inglés), 5,6-difenoxi-4,7-bis-[5-(2,6-dimetilfenil)-2-tienil]benzo[c]1,2,5-tiadiazol (MPDTBOP, por sus siglas en inglés), 5,6-difenoxi-4,7-bis-[5-(2,5-dimetilfenil)-2-tienil]benzo[c]1,2,5-tiadiazol (PPDTBOP, por sus siglas en inglés), 5,6-difenoxi-4,7-bis-[5-(2,5-dimetilfenil)-2-tienil]benzo[c]-1,2,5-tiadiazol (PPDTBOP), 5,6-difenoxi-4,7-bis-[5-(2,6-diisopropilfenil)-2-tienil]benzo[c]1,2,5-tiadiazol (IPDTBOP, por sus siglas en inglés), o mezclas de los mismos;

- compuestos de perileno y perilenimida tales como, por ejemplo, los compuestos conocidos por el nombre comercial Lumogen® F083, Lumogen® F170, Lumogen® F240, de Basf, o mezclas de los mismos;

- compuestos de benzopirana tales como, por ejemplo, los compuestos conocidos por el nombre comercial Cumarina 6, Cumarina 30, de Acros, o mezclas de los mismos;

- o mezclas de los mismos.

De acuerdo con una realización preferida de la presente invención, dicho al menos un primer compuesto orgánico fotoluminiscente es 5,6-difenoxi-4,7-bis-[5-(2,6-dimetilfenil)-2-tienil]benzo[c]1,2,5-tiadiazol (MPDTBOP).

Puede encontrarse información más detallada relativa a dichos compuestos de benzoheterodiazol disustituidos y compuestos de diariloxibenzoheterodiazol disustituidos, por ejemplo, en las solicitudes internacionales de patente WO 2016/046310 y WO 2016/046319 a nombre del solicitante.

De acuerdo con la presente invención, dicho al menos un segundo compuesto orgánico fotoluminiscente se selecciona de:

- compuestos de benzoheterodiazol disustituidos tales como, por ejemplo, 4,7-bis-[5-(2,5-dimetoxifenil)-2-tienil]benzo[c]1,2,5-tiadiazol, 4,7-bis-[5-(2,6-dimetoxifenil)-2-tienil]benzo[c]1,2,5-tiadiazol, 4,7-bis[5-(2,4-dimetoxifenil)-2-tienil]benzo[c]1,2,5-tiadiazol, o mezclas de los mismos;

· compuestos de diariloxibenzoheterodiazol disustituidos, tales como, por ejemplo, 5,6-difenoxi-4,7-bis-[5-(2-naftil)-2-tienil]benzo[c]1,2,5-tiadiazol, o mezclas de los mismos;

5 · compuestos que comprenden un grupo benzoheterodiazol y al menos un grupo benzoditiofeno tal como, por ejemplo, 4,7-bis-(7',8'-dibutilbenzo[1',2'-b':4',3'-b'']ditiemo-5'-il)benzo[c][1,2,5]tiadiazol (F500), o mezclas de los mismos;

10 · compuestos de naftotiadiazol disustituidos, tales como, por ejemplo, 4,9-bis-(7',8'-dibutilbenzo[1',2'-b':4',3'-b'']ditiemo-5'-il)nafto[2,3-c][1,2,5]tiadiazol (F521), 4,9-bis-(tien-2'-il)-nafto[2,3-c][1,2,5]tiadiazol (DTN), o mezclas de los mismos;

15 · compuesto de ditiofeno benzotiadiazol, tales como, por ejemplo, 4,7-bis-(5-(tiofen-2-il)tiofen-2-il)benzo[c][1,2,5]tiadiazol (QTB, por sus siglas en inglés), 4,7-di(5"-n-hexil-2',2"-ditiemo-5'-il)-2,1,3-benzotiadiazol (QTB-ex), o mezclas de los mismos;

· compuestos de perileno tales como, por ejemplo, N,N'-bis-(2',6'-di-isopropilfenil)-(1,6,7,12-tetrafenoxi)-(3,4,9,10-perilenodiimida (Lumogen® F Red 305, de Basf), o mezclas de los mismos;

20 · compuestos derivados de la familia de las fluoronas, tales como, por ejemplo, los compuestos conocidos por el nombre comercial Rodamina 6G, Rodamina 101, de Sigma-Aldrich, o mezclas de los mismos;

· o mezclas de los mismos.

25 De acuerdo con una realización preferida de la presente invención, dicho al menos un segundo compuesto orgánico fotoluminiscente es N,N'-bis-(2',6'-di-isopropilfenil)-(1,6,7,12-tetrafenoxi)-(3,4,9,10-perilenodiimida (Lumogen® F Red 305 - Basf).

30 Puede encontrarse información más detallada relativa a dichos compuestos que comprenden un grupo benzoheterodiazol y al menos un grupo benzoditiofeno, por ejemplo, en la solicitud de patente internacional WO 2013/098726 a nombre del solicitante.

Puede encontrarse información más detallada relativa a dichos compuestos de naftotiadiazol disustituidos, por ejemplo, en la solicitud de patente internacional WO 2014/128648, a nombre del solicitante.

35 Puede encontrarse información más detallada relativa a dichos compuestos de benzotiadiazol-ditiofeno, por ejemplo, en la solicitud de patente europea EP 2 557 606, a nombre del solicitante.

40 Puede encontrarse información más detallada relativa a dichos compuestos de benzoheterodiazol disustituido y diariloxibenzoheterodiazol disustituido, por ejemplo, en las solicitudes internacionales de patente WO 2016/046310 y WO 2016/046319 mencionadas anteriormente a nombre del solicitante.

De acuerdo con la presente invención, dicho al menos un tercer compuesto orgánico, opcionalmente fotoluminiscente, se selecciona de:

45 · compuestos de fenotiazina sustituidos con grupos alquilo y/o alquilamina tales como, por ejemplo, el compuesto conocido por el nombre comercial Toluidine Blue de Sigma-Aldrich, o mezclas de los mismos;

50 · compuestos de fenoxazina tales como, por ejemplo, el compuesto conocido por el nombre comercial Nile Blue A de Sigma-Aldrich, o mezclas de los mismos;

· compuestos de antraquinona sustituidos con grupos alquil amina tales como, por ejemplo, el compuesto conocido por el nombre comercial Oil Blue N de Sigma-Aldrich, o mezclas de los mismos;

55 · o mezclas de los mismos.

De acuerdo con una realización preferida de la presente invención, dicho al menos un tercer compuesto orgánico es Oil Blue N de Sigma Aldrich.

60 De acuerdo con una realización preferida de la presente invención, en dicha al menos una primera lámina, dicho al menos un primer compuesto orgánico fotoluminiscente puede estar presente en dicha matriz de un material transparente en una cantidad dentro del rango de 10 ppm a 200 ppm, preferiblemente dentro del rango de 12 ppm a 100 ppm, aún más preferiblemente dentro del rango de 15 a 70 ppm.

65 De acuerdo con una realización preferida de la presente invención, en dicha al menos una segunda lámina, dicho al menos un segundo compuesto orgánico fotoluminiscente puede estar presente en dicha matriz de un material

transparente en una cantidad dentro del rango de 5 ppm a 150 ppm, preferiblemente dentro del rango de 7 ppm a 100 ppm, aún más preferiblemente dentro del rango de 10 a 50 ppm.

De acuerdo con una realización preferida de la presente invención, en dicha al menos una tercera lámina, dicho al menos un tercer compuesto orgánico, opcionalmente fotoluminiscente, puede estar presente en dicha matriz de un material transparente en una cantidad dentro del rango de 10 ppm a 100 ppm, preferiblemente dentro del rango de 12 ppm a 60 ppm, aún más preferiblemente dentro del rango de 15 a 40 ppm.

A efectos de la presente descripción y de las reivindicaciones que siguen, el término “ppm” indica los miligramos (mg) de compuesto orgánico fotoluminiscente o de compuesto orgánico opcionalmente fotoluminiscente por 1 kilogramo (kg) de matriz de un material transparente.

Cabe señalar que, para los fines de la presente invención, a título indicativo, la cantidad de compuesto orgánico fotoluminiscente o de compuesto orgánico opcionalmente fotoluminiscente, a usar, puede obtenerse aplicando la siguiente ecuación (1) (es decir, la ley de Lambert-Beer):

$$\text{Absorbancia} = \epsilon \times [\text{tinte}] \times l(I)$$

en donde:

- ϵ es el coeficiente de extinción molar del compuesto orgánico a una determinada longitud de onda (λ);
- l es el camino óptico.

La cantidad necesaria se obtiene cuando se ha establecido el valor de absorbancia deseado y se conoce el valor específico del coeficiente de extinción molar (ϵ) para cada compuesto orgánico fotoluminiscente y para cada compuesto orgánico opcionalmente fotoluminiscente. Dicha cantidad debe ajustarse sucesivamente a causa del solapamiento parcial de las bandas de absorción y emisión del mencionado compuesto orgánico fotoluminiscente y, opcionalmente, del compuesto orgánico fotoluminiscente, que modifica la absorbancia a ciertos valores de longitud de onda (λ), alterando la coloración global de las láminas.

De acuerdo con una realización preferida de la presente invención, dicha al menos una primera, al menos una segunda y al menos una tercera lámina pueden tener un grosor dentro del rango de 1 mm a 8 mm, preferiblemente dentro del rango de 2 mm a 6 mm.

Los mencionados compuestos orgánicos fotoluminiscentes u opcionalmente fotoluminiscentes pueden usarse en dicho concentrador solar luminiscente (LSC) en una amplia variedad de formas.

Por ejemplo, en el caso en donde la matriz de un material transparente es de tipo polimérico, dicho al menos un compuesto orgánico fotoluminiscente o dicho al menos un compuesto orgánico opcionalmente fotoluminiscente puede dispersarse dentro del polímero de dicha matriz de un material transparente, por ejemplo, por dispersión en la masa fundida o adición por masa, y subsecuentemente formación de una lámina que comprende dicho polímero y dicho al menos un compuesto orgánico fotoluminiscente o dicho al menos un compuesto orgánico opcionalmente fotoluminiscente, trabajando, por ejemplo, de acuerdo con la técnica de fundición.

Alternativamente, dicho al menos un compuesto orgánico fotoluminiscente o dicho al menos un compuesto orgánico opcionalmente fotoluminiscente, y el polímero de dicha matriz de un material transparente pueden solubilizarse en al menos un disolvente adecuado, obteniendo una solución que se deposita sobre una lámina hecha de dicho polímero, formando una película que comprende dicho al menos un compuesto orgánico fotoluminiscente o dicho al menos un compuesto orgánico opcionalmente fotoluminiscente, y dicho polímero, trabajando, por ejemplo, con el uso de un aplicador de película tipo Doctor Blade: dicho disolvente se deja posteriormente evaporar. Dicho disolvente puede seleccionarse, por ejemplo, de: hidrocarburos tales como, por ejemplo, 1,2-diclorobenceno, 1,2-diclorometano, tolueno, hexano; cetonas tales como, por ejemplo, acetona, acetilacetona; o mezclas de los mismos.

En el caso en donde la matriz de un material transparente es del tipo vidrio, dicho al menos un compuesto orgánico fotoluminiscente o dicho al menos un compuesto orgánico opcionalmente fotoluminiscente puede ser solubilizado en al menos un disolvente adecuado (que puede ser seleccionado de entre los dados anteriormente), obteniendo una solución que se deposita sobre una lámina de dicha matriz transparente del tipo vidrio, formando una película que comprende dicho al menos un compuesto fotoluminiscente, trabajando, por ejemplo, con el uso de un aplicador de película del tipo Doctor Blade: dicho disolvente se deja posteriormente evaporar.

Alternativamente, una lámina de dicha matriz de un material transparente de tipo polimérico puede sumergirse en una microemulsión acuosa que comprenda dicho al menos un compuesto orgánico fotoluminiscente o dicho al menos un compuesto orgánico opcionalmente fotoluminiscente, previamente preparado. Se puede encontrar información más detallada relativa a dichas microemulsiones, por ejemplo, en la solicitud de patente de EE.UU.

US 9,853,172 a nombre del solicitante.

Alternativamente, una lámina que comprende dicho al menos un compuesto orgánico fotoluminiscente o dicho al menos un compuesto orgánico opcionalmente fotoluminiscente, y dicho polímero obtenido como se ha descrito de acuerdo con la técnica de fundición, puede intercalarse entre dos láminas de dicha matriz transparente de tipo vidrio trabajando de acuerdo con la técnica conocida usada para la preparación de doble acristalamiento en atmósfera inerte.

A los efectos de la presente invención, dichas láminas pueden hacerse usando un aplicador de película tipo Doctor Blade, o trabajando de acuerdo con la técnica de colado: pueden encontrarse más detalles en los ejemplos que siguen.

Subsecuentemente, las láminas así obtenidas se apilan y, en el caso en donde dichas láminas se producen con el uso de un aplicador de película tipo Doctor Blade, las superficies mayores en contacto directo deben ser aquellas sobre las cuales se ha depositado la película que comprende el compuesto orgánico fotoluminiscente o el compuesto orgánico opcionalmente fotoluminiscente.

Otro objeto de la presente invención es también un dispositivo fotovoltaico (o dispositivo solar) que comprende al menos una celda fotovoltaica (o celda solar), y al menos un concentrador solar luminiscente (LSC) de coloración neutra definido anteriormente.

Dicho dispositivo fotovoltaico (o dispositivo solar) puede obtenerse, por ejemplo, ensamblando el citado concentrador solar luminiscente con al menos una celda fotovoltaica (o celda solar).

A los efectos de la presente invención, una o más celdas fotovoltaicas (o celdas solares) pueden estar colocadas externamente a al menos uno de los lados de dicho concentrador solar luminiscente (LSC), preferiblemente dichas celdas fotovoltaicas (o celdas solares) pueden cubrir parcial o totalmente el perímetro exterior de dicho concentrador solar luminiscente (LSC).

A efectos de la presente descripción y de las reivindicaciones que siguen, el término "perímetro exterior" está contemplado para referirse a los lados exteriores de dicho concentrador solar luminiscente (LSC).

La presente invención se ilustrará ahora con mayor detalle mediante una realización con referencia a la Figura 1 que se describe a continuación.

En particular, la Figura 1 representa el montaje de un concentrador solar luminiscente (LSC) (D) de acuerdo con la presente invención. Para ello, la superficie inferior mayor de una primera lámina (1), comprendiendo dicha primera lámina (1) una matriz de un material transparente [por ejemplo, poli(metacrilato de metilo) (PMMA)] y un primer compuesto orgánico fotoluminiscente [por ejemplo, 5,6-difenoxi-4,7-bis-[5-(2,6-dimetilfenil)-2-tienil]benzo[c]1,2,5-tiadiazol (MPDTBOP)], se pone en contacto directo con la superficie superior más grande de una segunda lámina (2), dicha segunda lámina (2) que comprende una matriz de un material transparente [por ejemplo, poli(metacrilato de metilo) (PMMA)] y un segundo compuesto orgánico fotoluminiscente [por ejemplo, N,N'-bis(2',6'-diisopropilfenil)-(1,6,7,12-tetrafenoxi)-(3,4,9,10-perilenodiimida) (Lumogen® F Red 305 - Basf)]. A continuación, se pega un marco de celdas fotovoltaicas (o celdas solares) (4), conectadas en serie y con un multímetro (5), alrededor de las cuatro caras exteriores de dichas dos láminas apiladas, tal como se ha indicado anteriormente. Subsecuentemente, la superficie superior más grande de una tercera lámina (3), dicha tercera lámina (3) que comprende una matriz de un material transparente [por ejemplo, poli(metacrilato de metilo) (PMMA)] y un tercer compuesto orgánico no fotoluminiscente (por ejemplo, Oil Blue N de Sigma Aldrich), se pone en contacto directo con la superficie inferior más grande de dicha segunda lámina (2). La superficie superior más grande de dicha primera lámina (1) es la más cercana a la fuente de fotones [es decir, la radiación solar (S)] y la superficie inferior más grande de dicha tercera lámina (3) es la más alejada de la fuente de fotones [es decir, la radiación solar (S)].

A efectos de una mejor comprensión de la presente invención y de su puesta en práctica, a continuación se exponen una serie de ejemplos ilustrativos y no limitantes de la misma.

Ejemplo 1

Preparación de la lámina 1 (película)

En 10 mL de 1,2-diclorobenceno se disolvieron 2 g de poli(metacrilato de metilo) (PMMA) Altuglas VSUVT 100 (Arkema), y 7,4 mg de 5,6-difenoxi-4,7-bis-[5-(2,6-dimetilfenil)-2-tienil]benzo[c]1,2,5-tiadiazol (MPDTBOP), obtenido como se describe en el Ejemplo 7 de la solicitud de patente internacional WO 2016/046319 a nombre del solicitante mencionado anteriormente. La solución obtenida se depositó posteriormente de manera uniforme sobre una lámina de poli(metacrilato de metilo) (PMMA) (dimensiones 50 x 40 x 0,3 cm) con el uso de un aplicador de película tipo Doctor Blade obteniendo una película de dimensiones 42 x 12 cm² y se dejó evaporar el disolvente a

temperatura ambiente (25 °C), en una ligera corriente de aire, por 24 horas. Resultó una lámina transparente de coloración amarilla (lámina 1), conferida dentro del mismo por la película cuyo grosor estaba dentro del rango de 100 µm a 50 µm, a partir de la cual se obtuvieron cuatro láminas de dimensiones 9 x 9 x 0,3 cm, cada una de las cuales contenía 41 ppm de 5,6-difenoxi-4,7-bis-[5-(2,6-dimetilfenil)-2-tienil]benzo[c]1,2,5-tiadiazol (MPDTBOP).

Ejemplo 2

Preparación de la lámina 2 (película)

En 10 mL de 1,2-diclorobenceno se disolvieron 2 g de poli(metilmacrilato) (PMMA) Altuglas VSUVT 100 (Arkema) y 4,9 mg de N,N'-bis-(2',6'-diisopropilfenil)-(1,6,7,12-tetrafenoxi)-(3,4,9,10-perilenodiimida (Lumogen® F Red 305 - Basf). La solución obtenida se depositó posteriormente de manera uniforme sobre una lámina de poli(metacrilato de metilo) (PMMA) (dimensiones 50 x 40 x 0,3 cm) con el uso de un aplicador de película tipo Doctor Blade obteniendo una película de dimensiones 42 x 12 cm² y se dejó evaporar el disolvente a temperatura ambiente (25 °C), en una ligera corriente de aire, por 24 horas. Resultó una lámina transparente de coloración roja (lámina 2), conferida dentro del mismo por la película cuyo grosor estaba dentro del rango de 100 µm a 50 µm, a partir de la cual se obtuvieron cuatro láminas de dimensiones 9 x 9 x 0,3 cm, cada una de las cuales contenía 27 ppm de N,N'-bis-(2',6'-diisopropilfenil)-(1,6,7,12-tetrafenoxi)-(3,4,9,10-perilenodiimida (Lumogen® F Rojo 305 - Basf).

Ejemplo 3

Preparación de la lámina 3 (película)

Se disolvieron 2 g de poli(metacrilato de metilo) (PMMA) Altuglas VSUVT 1 00 (Arkema) y 18,9 mg de Oil Blue N (Sigma-Aldrich), en 10 mL de 1,2-diclorobenceno. La solución obtenida se depositó posteriormente de manera uniforme sobre una lámina de poli(metacrilato de metilo) (PMMA) (dimensiones 50 x 40 x 0,3 cm) con el uso de un aplicador de película tipo Doctor Blade obteniendo una película de dimensiones 42 x 12 cm² y se dejó evaporar el disolvente a temperatura ambiente (25 °C), en una ligera corriente de aire, por 24 horas. Resultó una lámina transparente de coloración azul (lámina 3), conferida dentro del mismo por la película cuyo grosor estaba dentro del rango de 100 µm a 50 µm, de la que se obtuvieron cuatro láminas de dimensiones 9 x 9 x 0,3 cm, conteniendo cada una 32,4 ppm de Oil Blue N (Sigma-Aldrich).

Ejemplo 4

Preparación de dispositivo fotovoltaico con concentrador solar luminiscente de coloración neutra (Gris - película)

Se preparó un dispositivo fotovoltaico (de acuerdo con la Figura 1) que comprende un concentrador solar luminiscente de coloración neutra trabajando como se indica a continuación.

La lámina 1 obtenida como se indica en el Ejemplo 1 y la lámina 2 obtenida como se indica en el Ejemplo 2 se apilaron de modo tal que las superficies mayores cubiertas por la película de compuesto orgánico fotoluminiscente estuvieran en contacto directo una con otra y, subsecuentemente, 16 celdas fotovoltaicas de silicio IXYS-XOD17 cada una de las cuales tenía unas dimensiones de 22 x 6 mm y una superficie de 1,2 cm² (cuatro celdas fotovoltaicas en cada cara) se pegaron a las cuatro caras exteriores usando silicona (Loctite SI-5366). Dichas celdas fotovoltaicas se conectaron en serie y posteriormente a un multímetro.

Por último, la superficie superior más grande de la lámina 3 (superficie superior cubierta por la película de compuesto orgánico) obtenida como se indica en el Ejemplo 3, se puso en contacto directo con la superficie inferior más grande de dicha lámina 2.

El dispositivo así obtenido se sometió a un análisis de color usando un espectrómetro SpectraRad™ Xpress (mod.BSR112E) junto con un software adecuado (BWSpec Software) de BWTE_{inc} para la codificación del color.

Para ello, se colocó el dispositivo a la salida de una esfera integradora y se iluminó con una lámpara de xenón OF (libre de ozono, por sus siglas en inglés) de 300 W. El espectro de radiancia (o transmitancia) medido con el espectrómetro fue procesado por el software combinado usando el modelo de color CIE1931: a partir de él se obtuvieron las coordenadas cromáticas X e Y relativas al color (denotadas por 1 en la Figura 2, X en el eje de abscisas e Y en el de ordenadas) y el valor de Y relativo a la luminosidad, que resultó ser igual a 28 %.

En su lugar, se registró el espectro de absorción del dispositivo por medio de un espectrómetro Newport OSM400-DUV usando como fuente una lámpara de xenón OF de 300 W; los resultados obtenidos se presentan en la Figura 3 en la que la longitud de onda (λ) en nm se muestra en las abscisas (eje X) y la densidad óptica (OD, por sus siglas en inglés) se muestra en el eje de ordenadas (eje Y).

Por último, se introdujo el dispositivo así obtenido en un portamuestras y se iluminó la superficie superior mayor

de la lámina 1 (es decir, la no cubierta por la película) con una fuente de luz de potencia igual a 1 sol (1000 W/m²), y se midió el potencial eléctrico generado por efecto de la iluminación.

5 Las mediciones de potencia se realizaron iluminando toda la superficie del dispositivo fotovoltaico (correspondiente a la superficie expuesta de la lámina 1, es decir, 9 x 9 cm).

10 Las características corriente-tensión se obtuvieron aplicando una tensión externa a cada una de dichas celdas y midiendo la foto corriente generada con un multímetro digital Keithley 2602A (3 A DC, por sus siglas en inglés, 10 A Pulso), obteniendo los siguientes valores: potencia máxima medida respecto a la superficie iluminada (P_{MAX}) (expresada en mW), potencia normalizada por m² (P) (expresada en W/m²) obtenida a partir del valor de la potencia máxima (P_{MAX}) y eficiencia (E) calculada de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$E (\%) = P \times 0,1$$

15 en donde la potencia (P) (expresada en W/m²) y 0,1 corresponde a la eficiencia máxima (100 %) a 1 sol (1000 W/m²).

Se obtuvieron los siguientes resultados:

20 · potencia máxima (P_{MAX}) = 158,34 mW;

· potencia (P) = 19,5 W/m²;

25 · eficiencia (E) = 2 %.

Ejemplo 5

Preparación de la lámina 1b (fundición)

30 1250 mL de metacrilato de metilo (MMA) (Sigma-Aldrich), previamente destilado para eliminar cualquier inhibidor de la polimerización, se calentaron en un matraz de 2 L bajo agitación magnética, llevando la temperatura a 80 °C, en 2 horas. Se añadieron subsecuentemente 125 mg de 2,2'-azo-bis-[2-metilpropionamidina]dihidrocloruro (AIBN, por sus siglas en inglés) (iniciador) disuelto en 125 mL de metilmetacrilato (MMA) (Sigma-Aldrich) previamente destilado: la temperatura de la mezcla obtenida se bajó aproximadamente 3 °C- 4 °C. Dicha mezcla se calentó, 35 llevando la temperatura a 94 °C en 1 hora: el conjunto se dejó a dicha temperatura por 2 minutos y subsecuentemente se enfrió en un baño de hielo, obteniéndose un jarabe prepolimérico que, si no se usa inmediatamente, puede almacenarse durante algunas semanas en un frigorífico.

40 Posteriormente se preparó un molde ensamblado con dos láminas de vidrio de 10 mm de grosor y dimensiones mayores de 100 x 100 mm, separadas por una junta de cloruro de polivinilo (PVC, por sus siglas en inglés) de diámetro mayor igual a 3 mm, unidas con abrazaderas metálicas.

Posteriormente, se llenó un matraz de vidrio de 500 mL con 250 mL de jarabe de prepolímero obtenido como se ha descrito anteriormente, 16 mg de peróxido de lauroilo (Sigma-Aldrich) disueltos en 125 mL de metacrilato de metilo (MMA) (Sigma-Aldrich), previamente destilado, una cantidad de 5,6-difenoxi-4,7-bis-[5-(2,6-dimetilfenil)-2-tienil]benzo[c]1,2,5-tiadiazol (MPDTBOP) igual a 35 ppm, 5000 ppm de Tinuvin® P (BASF) y 5000 ppm de Tinuvin® 770 (BASF): la mezcla obtenida se mantuvo bajo agitación magnética y en vacío (10 mmHg), por 45 minutos, a temperatura ambiente (25 °C), obteniéndose una solución desgasificada. La solución así obtenida se vertió en el 45 molde preparado como se ha descrito anteriormente que, una vez cerrada la abertura de la junta, se sumergió en un baño de agua a 55 °C, por 48 horas. Posteriormente, el molde se introdujo en un horno a 95 °C por 24 horas (paso de curado), tras lo cual se sacó del horno y se dejó enfriar a temperatura ambiente (25 °C). Posteriormente se retiraron las abrazaderas metálicas y el precinto, y se separaron las láminas de vidrio aislando la lámina 1b (dimensiones 75 x 75 x 3 mm).

55 Ejemplo 6

Preparación de la lámina 2b (fundición)

60 La lámina 2b se preparó trabajando como se indica en el Ejemplo 5, excepto que en lugar de 5,6-difenoxi-4,7-bis-[5-(2,6-dimetilfenil)-2-tienil]benzo[c]1,2,5-tiadiazol (MPDTBOP), Se usó N,N'-bis-(2',6'-diisopropilfenil)-(1,6,7,12-tetrafenoxi)-(3,4,9,10-perilenodiimida) (Lumogen® F Red 305 - BASF) en una cantidad igual a 21,6 ppm, obteniéndose la lámina 2b (dimensiones 75 x 75 x 3 mm).

Ejemplo 7

65

Preparación de la lámina 3b (fundición)

La lámina 3b se preparó trabajando como se indica en el Ejemplo 5, excepto que en lugar de 5,6-difenoxi-4,7-bis-[5-(2,6-dimetilfenil)-2-tienil]benzo[c]1,2,5-tiadiazol (MPDTBOP), se usó Oil Blue N (Sigma-Aldrich) en una cantidad igual a 26,5 ppm, obteniéndose la lámina 3b (dimensiones 75 x 75 x 3 mm).

Ejemplo 8**Preparación de dispositivo fotovoltaico con concentrador solar luminiscente de coloración neutra (Gris 1 - fundición)**

Se preparó un dispositivo fotovoltaico (de acuerdo con la Figura 1), que comprende un concentrador solar luminiscente de coloración neutra, que funciona como se indica a continuación.

La lámina 1b obtenida como se indica en el Ejemplo 5 y la lámina 2b obtenida como se indica en el Ejemplo 6 se apilaron en contacto directo una con otra, y 12 celdas fotovoltaicas de silicio IXYS-XOD17, cada una de las cuales tenía unas dimensiones de 22 x 6 mm y una superficie activa de 1,2 cm² (tres celdas fotovoltaicas por cada lado - no se muestran en la Figura 1, en la que se muestran cuatro celdas por cada lado), se pegaron posteriormente en los cuatro lados exteriores usando silicona (Loctite SI-5366). Dichas celdas fotovoltaicas se conectaron en serie y posteriormente a un multímetro.

Por último, la lámina 3b, obtenida como se indica en el Ejemplo 7, se superpuso a la lámina 2b.

El dispositivo así obtenido se sometió a un análisis cromático de acuerdo con el procedimiento descrito en el Ejemplo 4, del que se obtuvieron las coordenadas cromáticas X e Y relativas al color (indicadas con 2 en la Figura 2, X en el eje de abscisas e Y en el de ordenadas) y el valor de Y relativo a la luminosidad, que resultó ser igual a 30 %.

El espectro de absorción del dispositivo se registró trabajando como se indica en el Ejemplo 4: los resultados obtenidos se presentan en la Figura 3 en la que la longitud de onda (λ) en nm se muestra en las abscisas (eje X) y la densidad óptica (OD) se muestra en el eje de ordenadas (eje Y).

Finalmente, el dispositivo así obtenido se introdujo en un portamuestras y se iluminó la superficie superior mayor de la lámina 1b con una fuente de luz de potencia igual a 1 sol (1000 W/m²), y se midió el potencial eléctrico generado por efecto de la iluminación.

Las mediciones de potencia se realizaron iluminando toda la superficie del dispositivo fotovoltaico (correspondiente a la superficie expuesta de la lámina 1b, es decir, 75 x 75 mm).

Las características corriente-voltaje se obtuvieron trabajando como se describe en el Ejemplo 4, y los resultados obtenidos son los siguientes:

- potencia máxima ($P_{MÁX}$) = 62,55 mW;

- potencia (P) = 11,1 W/m²;

- eficiencia (E) = 1.1 %.

Ejemplo 9**Preparación de la lámina 1c (fundición)**

Se obtuvo un jarabe prepolimérico trabajando como se indica en el Ejemplo 5.

Posteriormente se preparó un molde ensamblado con dos láminas de vidrio de 10 mm de grosor y dimensiones mayores de 300 x 300 mm, separadas por una junta de policloruro de vinilo (PVC) de diámetro mayor igual a 3 mm, unidas con abrazaderas metálicas.

Posteriormente se llenó un matraz de vidrio de 1000 mL con 750 mL de jarabe de prepolímero obtenido como se indica en el Ejemplo 5, 48 mg de peróxido de lauroilo (Sigma-Aldrich) disueltos en 125 mL de metacrilato de metilo (MMA) (Sigma-Aldrich), previamente destilado, una cantidad de 5,6-difenoxi-4,7-bis-[5-(2,6-dimetilfenil)-2-tienil]benzo[c]1,2,5-tiadiazol (MPDTBOP) igual a 35 ppm (mg de tinte/kg de MMA), 5000 ppm de Tinuvin® P (BASF) y 5000 ppm de Tinuvin® 770 (BASF): la mezcla obtenida se mantuvo en agitación magnética y al vacío (10 mmHg) por 45 minutos, a temperatura ambiente (25 °C), obteniéndose una solución desgasificada. La solución así obtenida se vertió en el molde preparado como se ha descrito anteriormente que, una vez cerrada la abertura de la junta,

se sumergió en un baño de agua a 55 °C, por 48 horas. Posteriormente, el molde se introdujo en un horno a 95 °C por 24 horas (paso de curado), tras lo cual se sacó del horno y se dejó enfriar a temperatura ambiente (25 °C). Posteriormente se retiraron las abrazaderas metálicas y el precinto, y se separaron las láminas de vidrio aislando la lámina 1c (dimensiones 250 x 250 x 3 mm).

Ejemplo 10

Preparación de la lámina 2c (fundición)

La lámina 2c se preparó siguiendo el mismo procedimiento indicado en el Ejemplo 9, excepto que en lugar de 5,6-difenoxi-4,7-bis-[5-(2,6-dimetilfenil)-2-tienil]benzo[c]1,2,5-tiadiazol (MPDTBOP), se usó N,N'-bis-(2',6'-diisopropilfenil)-(1,6,7,12-tetrafenoxi)-(3,4,9,10-perilenodiimida (Lumogen® F Red 305 - BASF) en una cantidad igual a 21,6 ppm (mg de tinte/kg de MMA), obteniéndose la lámina 2c (dimensiones 250 x 250 x 3 mm).

Ejemplo 11

Preparación de la lámina 3c (fundición)

La lámina 3c se preparó siguiendo el mismo procedimiento indicado en el Ejemplo 9, salvo que en lugar de 5,6-difenoxi-4,7-bis-[5-(2,6-dimetilfenil)-2-tienil]benzo[c]1,2,5-tiadiazol (MPDTBOP), se usó Oil Blue N (Sigma-Aldrich) en una cantidad igual a 26,5 ppm (mg de tinte/kg de MMA), obteniéndose la lámina 3b (dimensiones 250 x 250 x 3 mm).

Ejemplo 12

Preparación de dispositivo fotovoltaico con concentrador solar luminiscente de coloración neutra (Gris 2 - fundición)

Se preparó un dispositivo fotovoltaico (de acuerdo con la Figura 1) que comprende un concentrador solar luminiscente de coloración neutra, que funciona como se indica a continuación.

La lámina 1c obtenida como se indica en el Ejemplo 9 y la lámina 2c obtenida como se indica en el Ejemplo 10 se apilaron en contacto directo una con otra, y 4 celdas fotovoltaicas de silicio IXYS-SLMD142H01LE, cada una de las cuales tenía unas dimensiones de 247 x 6 mm y una superficie activa de 14,7 cm² (una celda fotovoltaica por cada cara - no se muestra en la Figura 1, en la que se muestran cuatro celdas por cada cara) se pegaron posteriormente a las cuatro caras exteriores usando silicona (Loctite SI-5366). Dichas celdas fotovoltaicas se conectaron en serie y posteriormente a un multímetro.

Por último, la superficie superior más grande de la lámina 3c obtenida como se indica en el Ejemplo 11 se puso en contacto directo con la superficie inferior más grande de dicha lámina 2c.

El dispositivo así obtenido se dispuso externamente sobre un soporte insertado y se expuso directamente al sol con la superficie superior más grande de la lámina 1c girada hacia la luz (es decir, más cerca de la fuente de fotones) y se midió el potencial eléctrico generado por efecto de la iluminación solar.

Las mediciones de potencia se realizaron iluminando toda la superficie del dispositivo fotovoltaico (correspondiente a la superficie de la lámina expuesta 1c, es decir, 250 x 250 mm).

Las características de corriente-tensión se obtuvieron operando como se describe en el Ejemplo 4, y los resultados obtenidos son los siguientes:

- potencia máxima (P_{MAX}) = 13,97 mW;
- potencia (P) = 14,0 W/m²;
- eficiencia (E) = 1.4 %.

REIVINDICACIONES

1. Un concentrador solar luminiscente (LSC) de coloración neutra que comprende:

- 5 - al menos una primera lámina que comprende una matriz de un material transparente y al menos un primer compuesto orgánico fotoluminiscente que tiene un intervalo de absorción dentro del rango de 400 nm a 550 nm, preferiblemente dentro del rango de 420 nm a 500 nm, y un intervalo de emisión dentro del rango de 500 nm a 650 nm, preferiblemente dentro del rango de 520 nm a 620 nm; dicho al menos un primer compuesto orgánico fotoluminiscente se selecciona de:
- 10 - compuestos de benzotiadiazol tales como 4,7-di(tien-2'-il)-2,1,3-benzotiadiazol (DTB), o mezclas de los mismos;
- compuestos de benzoheterodiazol disustituido tales como 4,7-bis-[5-(2,6-dimetilfenil)-2-tienil]benzo[c]1,2,5-tiadiazol (MPDTB), 4,7-bis-[5-(2,6-diisopropilfenil)-2-tienil]benzo[c]1,2,5-tiadiazol (IPPDTB), 4,7-bis-[4,5-(2,6-dimetilfenil)-2-tienil]benzo[c]1,2,5-tiadiazol (2MPDTB), o mezclas de los mismos;
- 15 - compuestos de diariloxibenzoheterodiazol disustituido, tales como 5,6-difenoxi-4,7-bis-(2-tienil)-2,1,3-benzotiadiazol (DTBOP), 5,6-difenoxi-4,7-bis-[5-(2,6-dimetilfenil)-2-tienil]benzo[c]1,2,5-tiadiazol (MPDTBOP), 5,6-difenoxi-4,7-bis-[5-(2-dimetilfenil)-2-tienil]benzo[c]1,2,5-tiadiazol (PPDTBOP), 5,6-difenoxi-4,7-bis-[5-(2,5-dimetilfenil)-2-tienil]benzo[c]1,2,5-tiadiazol (PPDTBOP), 5,6-difenoxi-4,7-bis-[5-(2,6-diisopropilfenil)-2-tienil]benzo[c]1,2,5-tiadiazol (IPPDTBOP), o mezclas de los mismos;
- 20 - compuestos o mezclas de perileno y perilenimida;
- 25 - compuestos de benzopirana o mezclas de los mismos;
- o mezclas de los mismos;
- al menos una segunda lámina que comprende una matriz de un material transparente y al menos un segundo compuesto orgánico fotoluminiscente que tiene un intervalo de absorción dentro del rango de 420 nm a 650 nm, preferiblemente dentro del rango de 480 nm a 600 nm, y un intervalo de emisión dentro del rango de 580 nm a 750 nm, preferiblemente dentro del rango de 600 nm a 700 nm; dicho al menos un segundo compuesto orgánico fotoluminiscente se selecciona de:
- 30 - compuestos de benzoheterodiazol disustituidos tales como 4,7-bis-[5-(2,5-dimetoxifenil)-2-tienil]benzo[c]1,2,5-tiadiazol, 4,7-bis-[5-(2,6-dimetoxifenil)-2-tienil]benzo[c]1,2,5-tiadiazol, 4,7-bis-[5-(2,4-dimetoxifenil)-2-tienil]benzo[c]1,2,5-tiadiazol, o mezclas de los mismos;
- 35 - compuestos disustituidos de diariloxibenzoheterodiazol, tales como 5,6-difenoxi-4,7-bis-[5-(2-naftil)-2-tienil]benzo[c]1,2,5-tiadiazol, o mezclas de los mismos;
- 40 - compuestos que comprenden un grupo benzoheterodiazol y al menos un grupo benzoditiofeno tal como 4,7-bis-(7',8'-dibutilbenzo[1',2'-b':4',3'-b'']ditieno-5'-il)benzo[c][1,2,5]tiadiazol (F500), o mezclas de los mismos;
- 45 - compuestos de naftiadiazol disustituidos tales como 4,9-bis-(7',8'-dibutilbenzo[1',2'-b':4',3'-b'']ditieno-5'-il)nafto[2,3-c][1,2,5]tiadiazol (F521), 4,9-bis-(tien-2'-il)nafto[2,3-c][1,2,5]tiadiazol (DTN), o mezclas de los mismos;
- compuestos de ditiofeno benzotiadiazol tales como 4,7-bis-(5-(tiofen-2-il)tiofen-2-il)benzo[c][1,2,5]tiadiazol (QTB), 4,7-di(5"-n-hexil-2',2"-ditieno-5'-il)-2,1,3-benzotiadiazol(QTB-ex), o mezclas de los mismos;
- 50 - compuestos de perileno tales como N,N'-bis-(2',6'-diisopropilfenil)-(1,6,7,12-tetrafenoxi)-(3,4,9,10-perilenodiimida (Lumogen® F Red 305 de Basf), o mezclas de los mismos;
- compuestos derivados de la familia de las fluoronas o mezclas de los mismos;
- 55 - o mezclas de los mismos;
- al menos una tercera lámina que comprende una matriz de un material transparente y al menos un tercer compuesto orgánico, opcionalmente fotoluminiscente, que tiene un intervalo de absorción dentro del rango de 550 nm a 750 nm, preferiblemente dentro del rango de 570 nm a 700 nm, y un intervalo de emisión dentro del rango de 700 nm a 900 nm, preferiblemente dentro del rango de 740 nm a 850 nm; dicho al menos un tercer compuesto orgánico, opcionalmente fotoluminiscente, se selecciona de:
- 60 - compuestos de fenotiazina sustituidos con grupos alquilo y/o alquil amina o mezclas de los mismos;
- 65 - compuestos de fenoxazina o mezclas de los mismos;

- compuestos de antraquinona sustituidos con grupos alquil amina o mezclas de los mismos;
- o mezclas de los mismos.

- 5 2. Un concentrador solar luminiscente (LSC) de coloración neutra de acuerdo con la reivindicación 1, en donde dicha al menos una primera, al menos una segunda y al menos una tercera lámina, tienen una superficie superior, una superficie inferior y una o más caras exteriores.
- 10 3. Un concentrador solar luminiscente (LSC) de coloración neutra de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en donde dicha al menos una primera, al menos una segunda y al menos una tercera lámina, están apiladas una en relación con la otra de modo tal que las superficies mayores de dicha al menos una primera, al menos una segunda y al menos una tercera lámina, están en contacto directo una con la otra.
- 15 4. Un concentrador solar luminiscente (LSC) de coloración neutra de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la superficie inferior mayor de dicha al menos una primera lámina está en contacto directo con la superficie superior mayor de dicha al menos una segunda lámina, la superficie inferior mayor de dicha al menos una segunda lámina está en contacto directo con la superficie superior mayor de dicha al menos una tercera lámina.
- 20 5. Un concentrador solar luminiscente (LSC) de coloración neutra de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la superficie superior mayor de dicha al menos una primera lámina está más cerca de la fuente de fotones, y la superficie inferior mayor de dicha al menos una tercera lámina está más lejos de la fuente de fotones.
- 25 6. Un concentrador solar luminiscente (LSC) de coloración neutra de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde dicho material transparente se selecciona de: polímeros transparentes tales como poli(metacrilato de metilo) (PMMA), policarbonato (PC), poli(metacrilato de isobutilo), poli(metacrilato de etilo), poli(carbonato de alilidiglicol), polimetacrilimida, éter de policarbonato, tereftalato de polietileno, butiral de polivinilo, copolímeros de etileno-acetato de vinilo, copolímeros de etileno-tetrafluoroetileno, poliimida, poliuretano, copolímeros de estireno-acrilonitrilo, copolímeros de estireno-butadieno, poliestireno, copolímeros de estireno metacrilato de metilo, polietersulfona, polisulfona, triacetato de celulosa, composiciones acrílicas reticuladas transparentes y resistentes a los impactos constituidas por una matriz frágil (I) que tiene una temperatura de transición vítrea (T_g) mayor a 0 °C y dominios elastoméricos de dimensiones menores a 100 nm constituidos por secuencias macromoleculares (II) de naturaleza flexible con una temperatura de transición vítrea (T_g) menor a 0 °C (denominadas en lo sucesivo, para mayor simplicidad, PPMA-IR), o mezclas de las mismas; vidrio transparente tal como sílice, cuarzo, alúmina, titanio, o mezclas de los mismos; preferiblemente seleccionado de poli(metacrilato de metilo) (PMMA), PMMA-IR, o mezclas de los mismos; preferiblemente dicho material transparente tiene un índice de refracción dentro del rango de 1,30 a 1,70.
- 30 7. Un concentrador solar luminiscente (LSC) de coloración neutra de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde dicho al menos un primer compuesto orgánico fotoluminiscente es 5,6-difenoxi-4,7-bis-[5-(2,6-dimetilfenil)-2-tienil]benzo[c]1,2,5-tiadiazol (MPDTBOP).
- 35 8. Un concentrador solar luminiscente (LSC) de coloración neutra de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde dicho al menos un segundo compuesto orgánico fotoluminiscente es N,N'-bis-(2',6'-diisopropilfenil)-(1,6,7,12-tetrafenoxi)-(3,4,9,10-perilenodiimida).
- 40 9. Un concentrador solar luminiscente (LSC) de coloración neutra de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde, en dicha al menos una primera lámina, dicho al menos un primer compuesto orgánico fotoluminiscente está presente en dicha matriz de un material transparente en una cantidad dentro del rango de 10 ppm a 200 ppm, preferiblemente dentro del rango de 12 ppm a 100 ppm, aún más preferiblemente dentro del rango de 15 a 70 ppm.
- 45 10. Un concentrador solar luminiscente (LSC) de coloración neutra de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde, en dicha al menos una segunda lámina, dicho al menos un segundo compuesto orgánico fotoluminiscente está presente en dicha matriz de un material transparente en una cantidad dentro del rango de 5 ppm a 150 ppm, preferiblemente dentro del rango de 7 ppm a 100 ppm, aún más preferiblemente dentro del rango de 10 a 50 ppm.
- 50 11. Un concentrador solar luminiscente (LSC) de coloración neutra de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde, en dicha al menos una tercera lámina, dicho al menos un tercer compuesto orgánico, opcionalmente fotoluminiscente, está presente en dicha matriz de un material transparente en una cantidad dentro del rango de 10 ppm a 100 ppm, preferiblemente dentro del rango de 12 ppm a 60 ppm, aún más preferiblemente dentro del rango de 15 a 40 ppm.
- 55 60 65

12. Un concentrador solar luminiscente (LSC) de coloración neutra de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde dichas al menos una primera, al menos una segunda y al menos una tercera láminas, tienen un grosor dentro del rango de 1 mm a 8 mm, preferiblemente dentro del rango de 2 mm a 6 mm.
- 5 13. Un dispositivo fotovoltaico (o dispositivo solar) que comprende al menos una celda fotovoltaica (o celda solar), y al menos un concentrador solar luminiscente (LSC) de coloración neutra de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

DIBUJOS

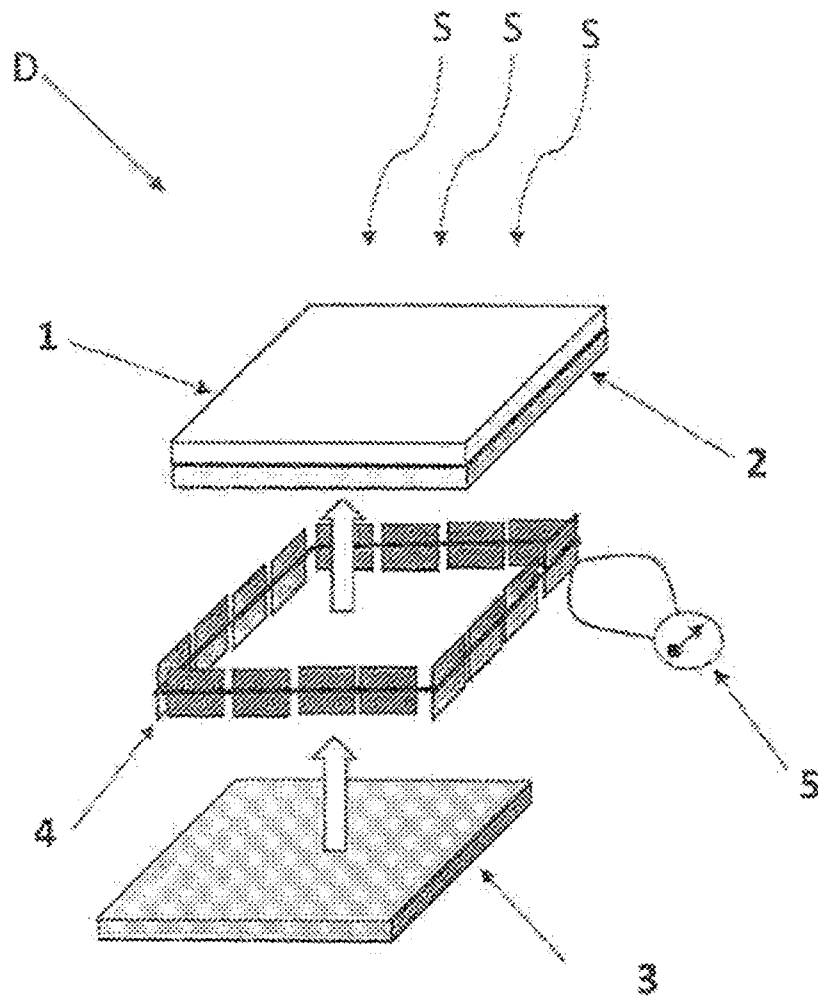


Figura 1

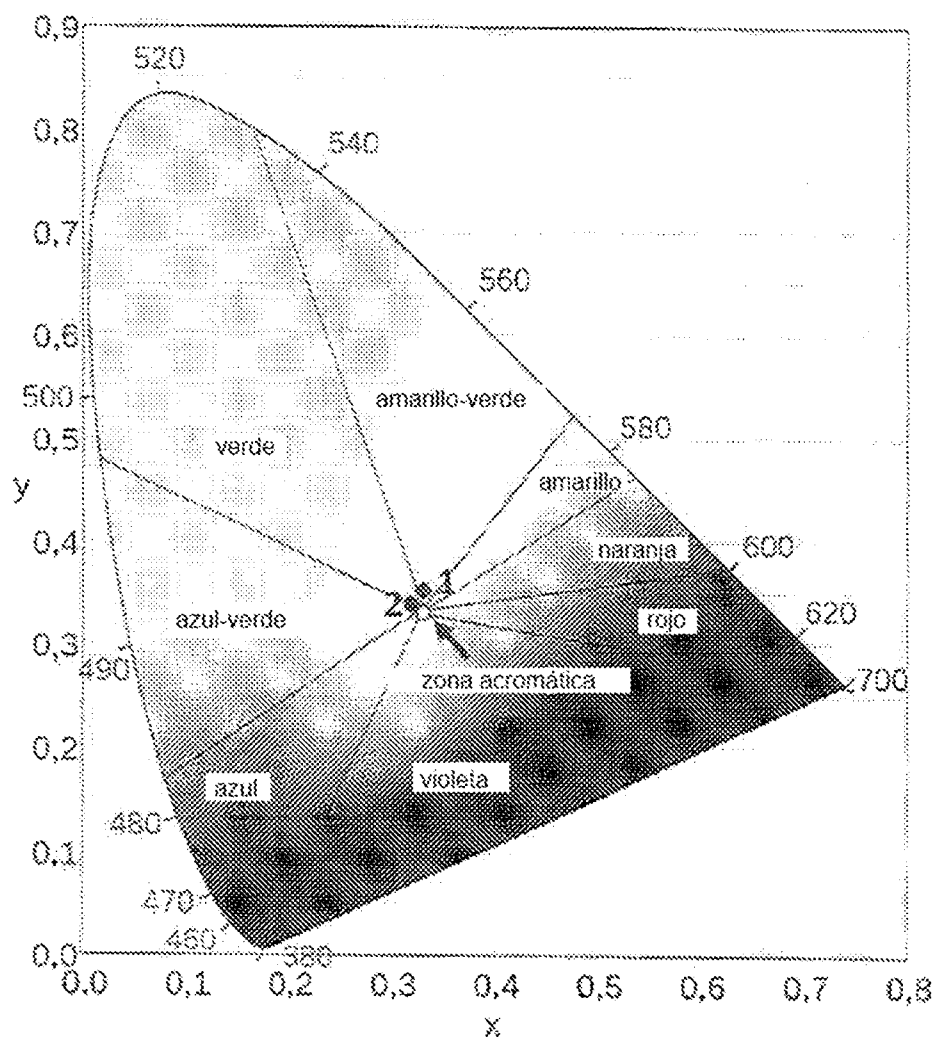


Figura 2

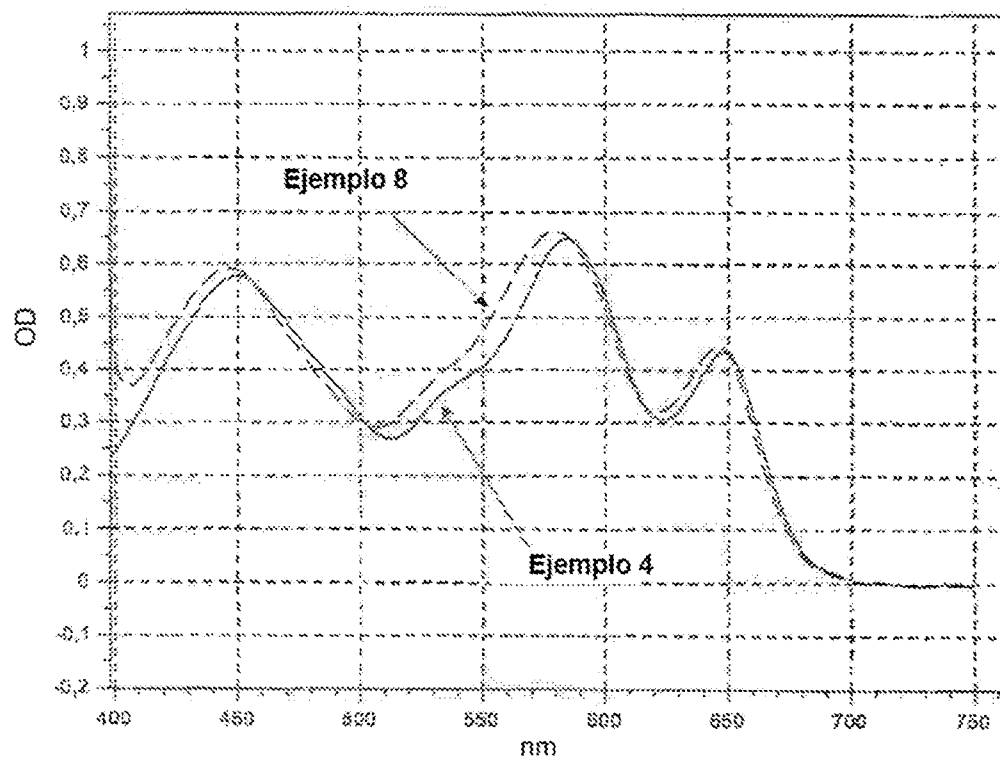


Figura 3