

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 436 743**

51 Int. Cl.:

H01L 31/055

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.07.2012** **E 12175110 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.08.2013** **EP 2557606**

54 Título: **Concentrador solar luminiscente que comprende compuestos de benzotiadiazol disustituidos**

30 Prioridad:

08.08.2011 IT MI20111520

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
07.01.2014

73 Titular/es:

**ENI S.P.A. (100.0%)
Piazzale E. Mattei, 1
00144 Rome, IT**

72 Inventor/es:

**SANTARELLI, SAMUELE;
FUSCO, ROBERTO y
BIANCHI, GABRIELE**

74 Agente/Representante:

MIR PLAJA, Mireia

ES 2 436 743 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

Concentrador solar luminiscente que comprende compuestos de benzotiadiazol disustituidos

5 **[0001]** La presente invención se refiere a un concentrador solar luminiscente (LSC por sus siglas en inglés) que comprende al menos un compuesto de benzotiadiazol disustituido.

10 **[0002]** La presente invención también se refiere al uso de al menos un compuesto de benzotiadiazol disustituido en la construcción de concentradores solares luminiscentes (LSC).

15 **[0003]** La presente invención también se refiere a un dispositivo fotovoltaico seleccionado, por ejemplo, de entre los miembros del grupo que consta de células fotovoltaicas, módulos fotovoltaicos, células solares y módulos solares, sobre soporte tanto rígido como flexible, que comprendan un concentrador solar luminiscente (LSC) que incluya al menos un compuesto de benzotiadiazol disustituido.

[0004] Es sabido que las células fotovoltaicas de unión simple no son capaces de explotar eficientemente toda la radiación solar. Su eficiencia, de hecho, es máxima tan sólo dentro de una determinada amplitud de espectro que comprende una parte de radiación visible y una parte de radiación infrarroja.

20 **[0005]** Pueden usarse para acrecentar el rendimiento de las células fotovoltaicas materiales convertidores de espectro que sean capaces de capturar radiación solar fuera de la amplitud espectral óptima y de convertirla en radiación eficaz. Además, con estos materiales pueden producirse concentradores solares luminiscentes (LSC) que permitan un adicional incremento de la producción de las células fotovoltaicas actuales.

25 **[0006]** Dichos concentradores solares luminiscentes (LSC) generalmente constan de grandes hojas de material transparente a la radiación solar en las cuales están dispersadas o químicamente unidas a dicho material sustancias fluorescentes que actúan como convertidores de espectro. Debido al efecto del fenómeno óptico de reflexión total, la radiación emitida por las moléculas fluorescentes es "llevada" hacia los bordes delgados de la hoja donde es concentrada sobre células fotovoltaicas o células solares situadas ahí. De esta manera, grandes superficies de materiales de bajo coste (hojas fotoluminiscentes) pueden ser usadas para concentrar la luz sobre pequeñas superficies de materiales de alto coste (células fotovoltaicas o células solares). El documento WO 2011/048458 da a conocer composiciones fotoluminiscentes para concentradores solares.

35 **[0007]** Un compuesto fluorescente debería tener numerosas características para ser ventajosamente usado en la construcción de concentradores solares luminiscentes (LSC), y éstas no siempre son mutuamente compatibles.

[0008] Ante todo, la frecuencia de la radiación emitida por fluorescencia debe corresponder a una energía más alta que el valor umbral por debajo del cual ya no es capaz de trabajar el semiconductor, que representa el núcleo de la célula fotovoltaica.

40 **[0009]** En segundo lugar, el espectro de absorción del compuesto fluorescente debería ser lo más extensivo posible, para así absorber la mayor parte de la radiación solar incidente y luego reemitirla a la frecuencia deseada.

45 **[0010]** Es también deseable que la absorción de la radiación solar sea extremadamente intensa, para que así el compuesto fluorescente pueda desempeñar su función a las concentraciones lo más bajas posible, evitando el uso de enormes cantidades.

[0011] Además, el proceso de absorción de radiación solar y su subsiguiente reemisión a frecuencias más bajas debe tener lugar con la eficiencia más alta posible, minimizando las así llamadas pérdidas no radiativas, a las que a menudo se alude colectivamente con el vocablo "termalización": La eficiencia del proceso se mide por su rendimiento cuántico.

50 **[0012]** Finalmente, las frecuencias de absorción y emisión deben ser lo más diversas posible, puesto que, de otro modo, la radiación emitida por una molécula del compuesto fluorescente sería absorbida y al menos parcialmente difundida por las moléculas adyacentes. Este fenómeno, al que normalmente se denomina autoabsorción, conduce inevitablemente a una importante pérdida de eficiencia. La diferencia entre las frecuencias del pico con la más baja frecuencia del espectro de absorción y del pico de la radiación emitida se indica normalmente como "desplazamiento de Stokes" y se mide como nm (lo que se mide no es la diferencia entre las dos frecuencias, sino la diferencia entre las dos longitudes de onda que corresponden a ellas). Para obtener altas eficiencias de los concentradores solares luminiscentes (LSC) son absolutamente necesarios altos desplazamientos de Stokes, teniendo en cuenta la ya mencionada necesidad de que la frecuencia de la radiación emitida corresponda a una energía más alta que el valor umbral por debajo del cual no puede funcionar la célula fotovoltaica.

[0013] Es sabido que algunos compuestos de benzotiadiazol, y en particular el 4,7-di(tien-2'-il)-2,1,3-benzotiadiazol (DTB), son compuestos fluorescentes que pueden ser usados en la construcción de concentradores solares

luminiscentes (LSC). Están descritos compuestos de este tipo en la solicitud de patente italiana MI 2009 A 001796 a nombre de la Solicitante.

[0014] El 4,7-di(tien-2'-il)-2,1,3-benzotiadiazol (DTB) está caracterizado por una emisión centrada en torno a los 579 nm, que corresponde a una energía bastante superior al valor umbral mínimo para el funcionamiento de las células fotovoltaicas, correspondiendo dicho umbral por ejemplo a una longitud de onda de aproximadamente 1100 nm para las células más extensamente usadas, basadas en silicio. Además, su absorción de la radiación luminosa es intensa y abarca una relativamente amplia gama de longitudes de onda, que indicativamente va desde los 550 nm (la longitud de onda de la radiación verde) hasta la ultravioleta. Finalmente, el 4,7-di(tien-2'-il)-2,1,3-benzotiadiazol (DTB) tiene un desplazamiento de Stokes en solución en diclorometano igual a 133 nm, que es bastante superior al de la mayoría de los productos comerciales que hasta la fecha se han propuesto para ser usados en concentradores solares luminiscentes.

[0015] Por estas razones, el uso de 4,7-di(tien-2'-il)-2,1,3-benzotiadiazol (DTB) ha permitido la producción de concentradores solares luminiscentes (LSC) de alta calidad.

[0016] A pesar de que el 4,7-di(tien-2'-il)-2,1,3-benzotiadiazol (DTB) absorbe una parte importante del espectro solar, éste tiene sin embargo una modesta absorción en sus regiones de longitud de onda más alta, que corresponden a las radiaciones amarilla y roja, que por consiguiente no pueden ser convertidas en otras radiaciones que sean explotadas con mayor eficacia por la célula fotovoltaica. Por esta razón es deseable contar con compuestos fluorescentes que tengan un espectro de absorción más desplazado al rojo.

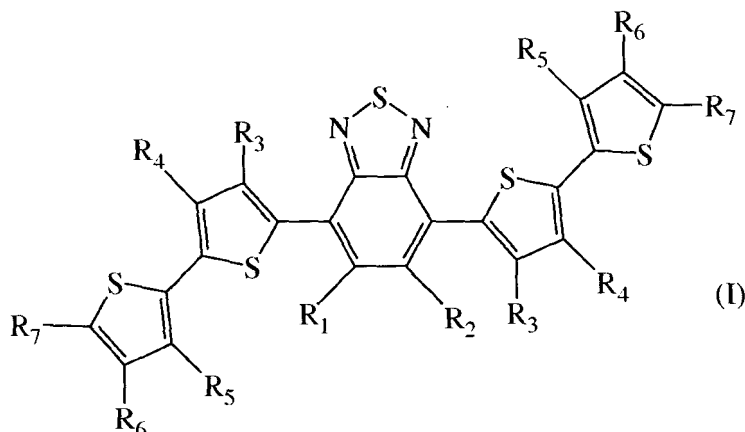
[0017] La Solicitante ha considerado por consiguiente el problema de encontrar compuestos que tengan un espectro de absorción más desplazado al rojo.

[0018] La Solicitante ha descubierto ahora que pueden usarse ventajosamente en la construcción de concentradores solares luminiscentes (LSC) compuestos de benzotiadiazol disustituidos que tengan una fórmula general específica (es decir, que tengan la fórmula general (I) que se indica más abajo).

[0019] Dichos concentradores solares luminiscentes (LSC) pueden ser ventajosamente usados en la construcción de dispositivos fotovoltaicos tales como, por ejemplo, células fotovoltaicas, módulos fotovoltaicos, células solares y módulos solares, sobre soportes tanto rígidos como flexibles. Dichos compuestos de benzotiadiazol disustituidos tienen de hecho un espectro de absorción mucho más desplazado al rojo con respecto a los compuestos de benzotiadiazol conocidos.

[0020] Además, dichos compuestos de benzotiadiazol disustituidos tienen desplazamientos de Stokes más altos que los de los compuestos de benzotiadiazol conocidos.

[0021] Un objeto de la presente invención por consiguiente se refiere a un concentrador solar luminiscente (LSC) que comprende al menos un compuesto de benzotiadiazol disustituido que tiene la fórmula general (I):



en donde:

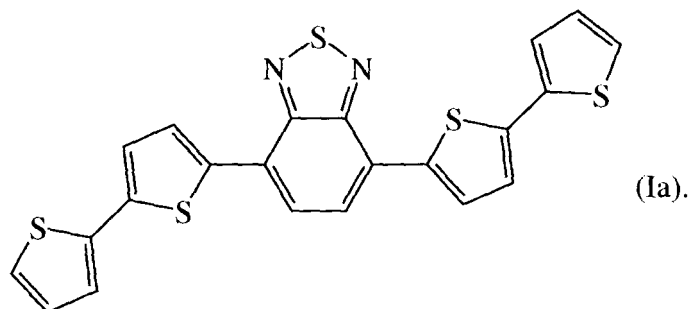
- R₁, R₂, R₃, R₄, R₅, R₆ y R₇, que son iguales o distintos unos de otros, representan a un átomo de hidrógeno; o bien son seleccionados de entre los miembros del grupo que consta de grupos alquilo lineales o ramificados de C₁-C₂₀, y preferiblemente de C₁-C₁₀, grupos cicloalquilo opcionalmente sustituidos, grupos arilo opcionalmente sustituidos y grupos alcoxilo lineales o ramificados de C₁-C₂₀, y preferiblemente de C₁-C₁₀, opcionalmente sustituidos;
- o bien R₁ y R₂ pueden estar opcionalmente unidos entre sí para así formar, junto con los átomos de carbono a los cuales están unidos, un ciclo o un sistema policíclico que contenga de 3 a 14 átomos de carbono, y preferiblemente

de 4 a 6 átomos de carbono, saturado, insaturado o aromático, y que contenga opcionalmente uno o varios heteroátomos tales como, por ejemplo, oxígeno, azufre, nitrógeno, silicio, fósforo y selenio;

- o bien R_3 y R_4 pueden estar opcionalmente unidos entre sí para así formar, junto con los átomos de carbono a los cuales están unidos, un ciclo o un sistema policíclico que contenga de 3 a 14 átomos de carbono, y preferiblemente de 4 a 6 átomos de carbono, saturado, insaturado o aromático, y que opcionalmente contenga uno o varios heteroátomos tales como, por ejemplo, oxígeno, azufre, nitrógeno, silicio, fósforo y selenio;
- o bien R_5 y R_6 pueden estar opcionalmente unidos entre sí para así formar, junto con los átomos de carbono a los cuales están unidos, un ciclo o un sistema policíclico que contenga de 3 a 14 átomos de carbono, y preferiblemente de 4 a 6 átomos de carbono, saturado, insaturado o aromático, y que opcionalmente contenga uno o varios heteroátomos tales como, por ejemplo, oxígeno, azufre, nitrógeno, silicio, fósforo y selenio;
- o bien R_6 y R_7 pueden estar opcionalmente unidos entre sí para así formar, junto con los átomos de carbono a los cuales están unidos, un ciclo o un sistema policíclico que contenga de 3 a 14 átomos de carbono, y preferiblemente de 4 a 6 átomos de carbono, saturado, insaturado o aromático, y que opcionalmente contenga uno o varios heteroátomos tales como, por ejemplo, oxígeno, azufre, nitrógeno, silicio, fósforo y selenio.

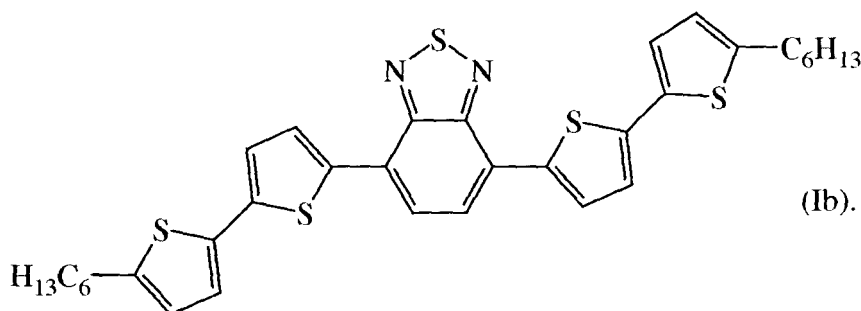
[0022] Según una realización preferida de la presente invención, en dicha fórmula general (I) los sustituyentes R_1 , R_2 , R_3 , R_4 , R_5 , R_6 y R_7 representan a un átomo de hidrógeno.

[0023] Un aspecto particularmente preferido de la presente invención por consiguiente se refiere a un concentrador solar luminiscente (LSC) que comprende 4,7-di(2',2''-bi-tien-5'-il)-2,1,3-benzotiadiazol (QTB) que tiene la fórmula (Ia):



[0024] Según otra realización preferida de la presente invención, en dicha fórmula general (I) los sustituyentes R_1 , R_2 , R_3 , R_4 , R_5 y R_6 representan a un átomo de hidrógeno, y el sustituyente R_7 representa a un grupo hexilo.

[0025] Un aspecto particularmente preferido de la presente invención por consiguiente se refiere a un concentrador solar luminiscente (LSC) que comprende 4,7-di(5''-n-hexil-2',2''-bitien-5'-il)-2,1,3-benzotiadiazol (QTB-ex) que tiene la fórmula (Ib):



[0026] Como se ha indicado anteriormente, el compuesto de benzotiadiazol que tiene la fórmula general (I) tiene una absorción, con respecto a la del 4,7-di(tien-2'-il)-2,1,3-benzotiadiazol (DTB), que está más desplazada al rojo: Esta absorción es intensa y extensiva dentro de una relativamente amplia gama de longitudes de onda que, por ejemplo tanto para el 4,7-di(2',2''-bi-tien-5'-il)-2,1,3-benzotiadiazol (QTB) que tiene la fórmula (Ia) como para el 4,7-di(5''-n-hexil-2',2''-bitien-5'-il)-2,1,3-benzotiadiazol (QTB-ex) que tiene la fórmula (Ib), va desde 230 nm hasta 590 nm. Además, dicho compuesto que tiene la fórmula general (I) tiene un particularmente alto desplazamiento de Stokes. El 4,7-di(2',2''-bi-tien-5'-il)-2,1,3-benzotiadiazol (QTB) que tiene la fórmula (Ia) por ejemplo tiene un desplazamiento de Stokes en solución en diclorometano igual a 158 nm, mientras que el 4,7-di(5''-n-hexil-2',2''-bitien-5'-il)-2,1,3-benzotiadiazol (QTB-ex) que tiene la fórmula (Ib) tiene un desplazamiento de Stokes en solución en diclorometano igual a 166 nm; siendo éstos en consecuencia unos desplazamientos de Stokes más altos que el ya alto del 4,7-di(tien-2'-il)-2,1,3-benzotiadiazol (DTB).

[0027] A efectos de la presente descripción y de las reivindicaciones siguientes, las definiciones de las gamas de valores numéricos siempre comprenden a los extremos, a no ser que se especifique otra cosa.

[0028] La expresión “grupos alquilo de C₁-C₂₀” se refiere a grupos alquilo lineales o ramificados que tienen de 1 a 20 átomos de carbono. Son ejemplos específicos de grupos alquilo de C₁-C₂₀ los siguientes: metilo, etilo, *n*-propilo, *iso*-propilo, *n*-butilo, *iso*-butilo, *t*-butilo, pentilo, etilhexilo, hexilo, heptilo, octilo, nonilo, decilo y dodecilo.

[0029] La expresión “grupos cicloalquilo” se refiere a grupos cicloalquilo que tienen de 3 a 10 átomos de carbono. Dichos grupos cicloalquilo pueden estar opcionalmente sustituidos con uno o varios grupos iguales o distintos unos de otros, seleccionados de entre los miembros del grupo que consta de: átomos de halógenos tales como, por ejemplo, flúor y cloro, y preferiblemente flúor; grupos hidroxilo; grupos alquilo de C₁-C₂₀; grupos alcoxilo de C₁-C₂₀; grupos ciano; grupos amino; grupos nitro y grupos arilo. Son ejemplos específicos de grupos cicloalquilo los siguientes: ciclopropilo, 1,4-dioxina, 2,2-difluorociclopropilo, ciclobutilo, ciclopentilo, ciclohexilo, metilciclohexilo, metoxiciclohexilo, fluorociclohexilo y fenilciclohexilo.

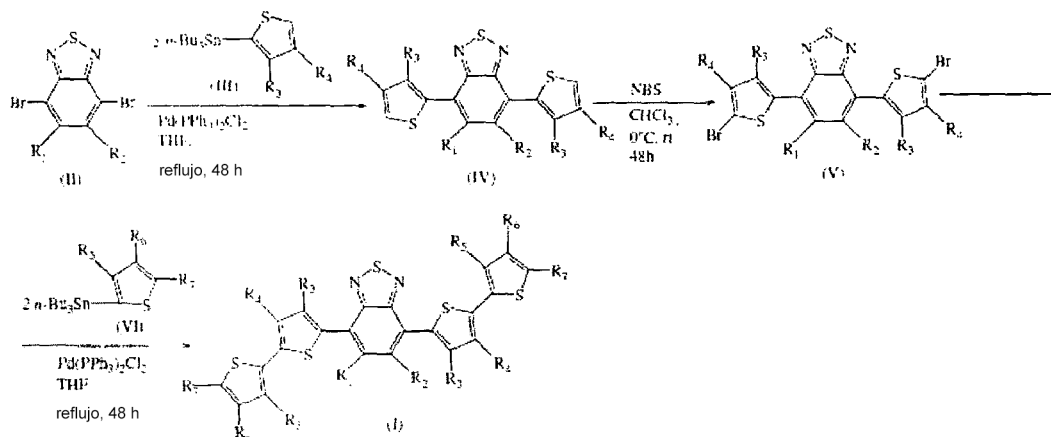
[0030] La expresión “grupos arilo” significa grupos carbocíclicos aromáticos. Dichos grupos arilo pueden estar opcionalmente sustituidos con uno o varios grupos iguales o distintos unos de otros, seleccionados de entre los miembros del grupo que consta de: átomos de halógenos tales como, por ejemplo, flúor y cloro, y preferiblemente flúor; grupos hidroxilo; grupos alquilo de C₁-C₂₀; grupos alcoxilo de C₁-C₂₀; grupos ciano; grupos amino; grupos nitro y grupos arilo. Son ejemplos específicos de grupos arilo los siguientes: fenilo, metilfenilo, trimetilfenilo, metoxifenilo, hidroxifenilo, feniloxifenilo, fluorofenilo, pentafluorofenilo, clorofenilo, nitrofenilo, dimetilaminofenilo, naftilo, fenilnaftilo, fenantreno y antraceno.

[0031] La expresión “grupos alcoxilo de C₁-C₂₀” se refiere a grupos alcoxilo lineales o ramificados que tienen de 1 a 20 átomos de carbono. Dichos grupos alcoxilo pueden estar opcionalmente sustituidos con uno o varios grupos iguales o distintos unos de otros, seleccionados de entre los miembros del grupo que consta de: átomos de halógenos tales como, por ejemplo, flúor y cloro, y preferiblemente flúor; grupos hidroxilo; grupos alquilo de C₁-C₂₀; grupos alcoxilo de C₁-C₂₀; grupos ciano; grupos amino y grupos nitro. Son ejemplos específicos de grupos alcoxilo de C₁-C₂₀ los siguientes: metoxilo, etoxilo, fluoroetoxilo, *n*-propoxilo, *isopropoxilo*, *n*-butoxilo, *n*-fluorobutoxilo, *iso*-butoxilo, *t*-butoxilo, pentoxilo, hexiloxilo, heptiloxilo, octiloxilo, noniloxilo, deciloxilo y dodeciloxilo.

[0032] La expresión “ciclo o sistema policíclico” se refiere a un sistema que contiene uno o varios anillos que contienen de 3 a 14 átomos de carbono, conteniendo opcionalmente heteroátomos seleccionados de entre los miembros del grupo que consta de nitrógeno, oxígeno, azufre, silicio, selenio y fósforo. Son ejemplos específicos de ciclos o sistemas policíclicos los siguientes: tieno[3,2-*b*]tiofeno, tiadiazol, benzotiofeno, quinoxalina y piridina.

[0033] Dicho compuesto que tiene la fórmula general (I) puede ser obtenido según procesos que son conocidos en la técnica como se describe, por ejemplo, en: “Organic Letters” (2011), Vol. 13, páginas 90-93; “Chemistry - A European Journal” (1998), Vol. 4, páginas 1235-1243; “Chemistry - A European Journal” (2007), Vol. 13, páginas 10046-10054, y “Journal of Materials Chemistry” (2009), Vol. 19, páginas 7730-7737.

[0034] Dicho compuesto que tiene la fórmula general (I) puede ser obtenido por ejemplo como se indica en el esquema siguiente:



en donde R₁, R₂, R₃, R₄, R₅, R₆ y R₇ tienen los mismos significados que se han definido anteriormente, Pd(PPh₃)₂Cl₂ es diclorotriphenilfosfina de paladio, THF es tetrahidrofurano, NBS es *N*-bromosuccinimida, CHCl₃ es cloroformo, y rt indica temperatura ambiente (25°C).

[0035] El compuesto de benzotiadiazol que tiene la fórmula general (II) puede ser obtenido según procesos que son conocidos en la técnica, tal como por ejemplo mediante halogenación de los correspondientes compuestos de benzotiadiazol. Pueden encontrarse más detalles relativos a estos procesos por ejemplo en: "Tetrahedron" (2005), Vol. 61, páginas 7453-7460; y en "European Journal of Organic Chemistry" (2006), páginas 4924-4933.

[0036] El tri-n-butil(tien-2-il)estannano que tiene la fórmula general (III) y el tri-n-butil(tien-2-il)estannano que tiene la fórmula general (VI) pueden ser obtenidos según procesos que son conocidos en la técnica, tal como, por ejemplo, mediante litiación y subsiguiente estannilación de los correspondientes compuestos de tiofeno. Pueden encontrarse más detalles relativos a estos procesos por ejemplo en: "Journal of the Chemical Society, Perkin Transactions 1: Organic and Bio-Organic Chemistry" (1988), páginas 2415-2422; y en "Journal of Polymer Science, Part A: Polymer Chemistry" (2010), Vol. 48, páginas 1714-1720. En particular el tri-n-butil(tien-2-il)estannano que tiene la fórmula general (III), en donde R₃ y R₄ son átomos de hidrógeno, puede encontrarse fácilmente en el mercado.

[0037] Un objeto adicional de la presente invención se refiere al uso de al menos un compuesto de benzotiadiazol disustituido que tiene la fórmula general (I) en la construcción de concentradores solares luminiscentes (LSC).

[0038] El compuesto de benzotiadiazol que tiene la fórmula general (I) puede ser usado en dicho concentrador solar luminiscente (LSC) en las formas siguientes: dispersado en el polímero o en vidrio, químicamente unido al polímero o vidrio, en solución o en forma de gel.

[0039] El concentrador solar luminiscente (LSC) puede contener, por ejemplo, una matriz transparente, en donde la expresión "matriz transparente" se refiere a cualquier material transparente usado en forma de un soporte o ligando, o a un material en el cual está dispersado o englobado al menos un compuesto de benzotiadiazol disustituido que tiene la fórmula general (I). El material usado para la matriz es transparente, tal cual, a las radiaciones de interés, y en particular a las radiaciones que tienen una frecuencia situada dentro del espectro eficaz del dispositivo fotovoltaico (como p. ej. la célula fotovoltaica) en el cual el mismo es usado. Los materiales adecuados con la finalidad de la presente invención pueden ser por lo tanto seleccionados de entre los miembros del grupo que consta de materiales transparentes a al menos las radiaciones que tengan una longitud de onda que vaya desde 250 nm hasta 1100 nm.

[0040] La matriz transparente que puede ser usada a efectos de la presente invención puede ser seleccionada, por ejemplo, de entre los miembros del grupo que consta de materiales poliméricos o vítreos. Dicha matriz está caracterizada por una alta transparencia y una larga duración con respecto al calor y a la luz. Son materiales poliméricos que pueden ser ventajosamente usados a efectos de la presente invención por ejemplo los miembros del grupo que consta de metacrilato de polimetilo (PMMA), resinas epoxi, resinas de silicio, tereftalatos de polialquileño, policarbonatos, poliestireno y polipropileno. Son materiales vítreos que pueden ser ventajosamente usados a efectos de la presente invención por ejemplo las sílices.

[0041] Si la matriz es de tipo polimérico, dicho compuesto de benzotiadiazol disustituido que es al menos uno y tiene la fórmula general (I) puede ser dispersado en el polímero de dicha matriz por ejemplo por medio de dispersión en material fundido y mediante una subsiguiente formación de una hoja que comprenda a dicho polímero y a dicho compuesto de benzotiadiazol disustituido que es al menos uno y tiene la fórmula general (I), trabajando por ejemplo según la técnica conocida como fundición. Como alternativa, dicho compuesto de benzotiadiazol disustituido que es al menos uno y tiene la fórmula general (I) y el polímero de dicha matriz pueden ser solubilizados en al menos un solvente, obteniéndose así una solución que es depositada sobre una hoja de dicho polímero, formando una película que comprende a dicho compuesto de benzotiadiazol disustituido que es al menos uno y tiene la fórmula general (I) y a dicho polímero, operando por ejemplo con el uso de un aplicador de película del tipo de los de cuchilla rascadora; y a continuación se deja evaporar dicho solvente.

[0042] Si la matriz es de tipo vítreo, dicho compuesto de benzotiadiazol disustituido que es al menos uno y tiene la fórmula general (I) puede ser solubilizado en al menos un solvente, obteniéndose así una solución que es depositada sobre una hoja de dicha matriz de tipo vítreo, formando una película que comprende a dicho compuesto de benzotiadiazol disustituido que es al menos uno y tiene la fórmula general (I), operando por ejemplo con el uso de un aplicador de película del tipo de los de cuchilla rascadora; dejándose a continuación evaporar dicho solvente.

[0043] Un objeto adicional de la presente invención también se refiere a un dispositivo fotovoltaico seleccionado de entre los miembros del grupo que consta de células fotovoltaicas, módulos fotovoltaicos, células solares y módulos solares, sobre soportes tanto rígidos como flexibles, comprendiendo dicho dispositivo fotovoltaico un concentrador solar luminiscente (LSC) que incluye al menos un compuesto de benzotiadiazol disustituido que tiene la fórmula general (I).

[0044] Dicho dispositivo fotovoltaico puede obtenerse, por ejemplo, uniendo el susodicho concentrador solar luminiscente a una célula fotovoltaica.

[0045] Según una realización preferida de la presente invención, el susodicho concentrador solar puede producirse en forma de una hoja transparente obtenida por medio de la solubilización de dicho compuesto de benzotiadiazol

disustituido que es al menos uno y tiene la fórmula general (I) y del polímero de la matriz de tipo polimérico, en al menos un solvente, obteniéndose así una solución que es depositada sobre una hoja de dicho polímero, formando una película que comprende a dicho compuesto de benzotiadiazol disustituido que es al menos uno y tiene la fórmula general (I) y a dicho polímero, operando, por ejemplo, con el uso de un aplicador de película del tipo de los de cuchilla rascadora; dejándose a continuación evaporar dicho solvente. En dichos dispositivos solares, dichas hojas pueden ser entonces acopladas a una célula fotovoltaica.

[0046] Se dan a continuación algunos ejemplos ilustrativos y no limitativos para permitir una mejor comprensión de la presente invención y para su realización.

[0047] El 4,7-di(2',2''-bitien-5'-il)-2,1,3-benzotiadiazol (QTB) que tiene la fórmula (Ia) fue obtenido como se describe en "Organic Letters" (2011), Vol. 13. páginas 90-93; mientras que el 4,7-di(5''-n-hexil-2',2''-ditien-5'-il)-2,1,3-benzotiadiazol (QTB-ex) que tiene la fórmula (Ib) fue obtenido como se describe en "Chemistry - A European Journal" (2007), Vol. 13, páginas 10046-10054.

[0048] El 4,7-di(tien-2'-il)-2,1,3-benzotiadiazol (DTB) fue obtenido como se describe en la solicitud de patente MI 2010 A 001316 a nombre de la Solicitante.

Ejemplo 1

[0049] 6 g de metacrilato de polimetilo Altuglas VSUVT 100 (PMMA) y 76,5 mg de 4,7-di(2',2''-bitien-5'-il)-2,1,3-benzotiadiazol (QTB) fueron disueltos en 30 ml de 1,2-diclorobenceno. La solución obtenida fue a continuación depositada uniformemente sobre una hoja de metacrilato de polimetilo Altuglas VSUVT 100 (PMMA) (de unas dimensiones de 90 x 90 x 6 mm) usando un aplicador de película del tipo de los de cuchilla rascadora, y se dejó que se evaporase el solvente a temperatura ambiente (25°C), en una ligera corriente de aire, por espacio de 24 horas. Fue obtenida una hoja transparente de color rojo (hoja 1), siendo el color conferido por la película, cuyo espesor resultó estar comprendido dentro de la gama de valores que va desde 50 µm hasta 350 µm.

[0050] Entonces fue aplicada a uno de los bordes de la hoja polimérica una célula fotovoltaica IXYS-XOD17, que tenía una superficie de 1,2 cm².

[0051] La cara principal de la hoja polimérica [la cubierta por la película delgada que contenía 4,7-di(2',2''-bitien-5'-il)-2,1,3-benzotiadiazol (QTB)] fue entonces iluminada con una fuente luminosa que tenía una potencia de 1 sol (1000 W/m²), y se midió la energía eléctrica generada por la iluminación.

[0052] Las mediciones de energía fueron realizadas cubriendo con un recubrimiento (cubierta) opaco(a) superficies del soporte polimérico que tenían áreas variables, a distancia creciente desde el borde en el cual estaban fijadas las células fotovoltaicas. Estas mediciones bajo variables condiciones de enmascaramiento permiten cuantificar la contribución de los posibles efectos de guía de ondas, de borde o de difusión múltiple debidos al soporte y que en consecuencia deben deducirse.

[0053] La Figura 1 muestra la curva relativa al valor de la energía generada por unidad de superficie iluminada, expresada como mW/cm², en relación con la distancia de la cubierta desde el borde del soporte que contiene la célula solar.

[0054] Puede verse que, en ausencia de efectos de borde, la energía media generada es igual a 0,12 W/cm² (Figura 1).

Ejemplo 2

[0055] 6 g de metacrilato de polimetilo Altuglas VSUVT 100 (PMMA) y 104,2 mg de 4,7-di(5''-n-hexil-2',2''-bitien-5'-il)-2,1,3-benzotiadiazol (QTB-ex) fueron disueltos en 30 ml de 1,2-diclorobenceno. La solución obtenida entonces depositada uniformemente sobre una hoja de metacrilato de polimetilo Altuglas VSUVT 100 (PMMA) (de unas dimensiones de 90 x 90 x 6 mm) usando un aplicador de película del tipo de los de cuchilla rascadora, y se dejó que el solvente se evaporase a temperatura ambiente (25°C), en una ligera corriente de aire, por espacio de 24 horas. Fue obtenida una hoja transparente de color rojo (hoja 2), siendo el color conferido por la película, cuyo espesor resultó estar situado dentro de la gama de valores que va desde 50 µm hasta 350 µm.

[0056] Entonces fue aplicada a uno de los bordes de la hoja polimérica una célula fotovoltaica IXYS-XOD17 que tenía una superficie de 1,2 cm².

[0057] La cara principal de la hoja polimérica (la cubierta por la película delgada que contenía 4,7-di(5''-n-hexil-2',2''-bitien-5'-il)-2,1,3-benzotiadiazol (QTB-ex)) fue entonces iluminada con una fuente luminosa que tenía una potencia de 1 sol (1000 W/m²), y se midió la energía eléctrica generada por efecto la iluminación.

[0058] Las mediciones de energía fueron realizadas cubriendo con un recubrimiento (cubierta) opaco(a) superficies del soporte polimérico que tenían áreas variables, a creciente distancia del borde en el cual estaban fijadas las células fotovoltaicas. Estas mediciones bajo variables condiciones de enmascaramiento permiten cuantificar la contribución de los posibles efectos de guía de ondas, de borde o de difusión múltiple debidos al soporte y que en consecuencia deben deducirse.

[0059] La Figura 2 muestra la curva relativa al valor de la energía generada por unidad de superficie iluminada, expresada como mW/cm^2 , en relación con la distancia de la cubierta desde el borde del soporte que contiene la célula solar.

[0060] Puede verse que, en ausencia de efectos de borde, la energía media generada es igual a $0,10 \text{ W}/\text{cm}^2$ (Figura 2).

Ejemplo 3 (comparativo)

[0061] 6 g de metacrilato de polimetilo Altuglas VSUVT 100 (PMMA) y 49,5 mg de 4,7-di(tien-2'-il)-2,1,3-benzotiadiazol (DTB) fueron disueltos en 30 ml de 1,2-diclorobenceno. La solución obtenida fue entonces depositada uniformemente sobre una hoja de metacrilato de polimetilo Altuglas VSUVT 100 (PMMA) (de unas dimensiones de 90 x 90 x 6 mm) usando un aplicador de película del tipo de los de hoja rascadora, y se dejó que el solvente se evaporase a temperatura ambiente (25°C), en una ligera corriente de aire, por espacio de 24 horas. Fue obtenida una hoja transparente de color amarillo (hoja 3), siendo el color conferido por la película, cuyo espesor resultó estar situado dentro de la gama de valores que va desde 50 μm hasta 350 μm .

[0062] Entonces fue aplicada a uno de los bordes de la hoja polimérica una célula fotovoltaica IXYS-XOD17 que tenía una superficie de $1,2 \text{ cm}^2$.

[0063] La cara principal de la hoja polimérica (la cubierta por la película delgada que contenía 4,7-di(tien-2'-il)-2,1,3-benzotiadiazol) fue entonces iluminada con una fuente luminosa que tenía una potencia de 1 sol ($1000 \text{ W}/\text{m}^2$), y se midió la energía eléctrica generada por efecto de la iluminación.

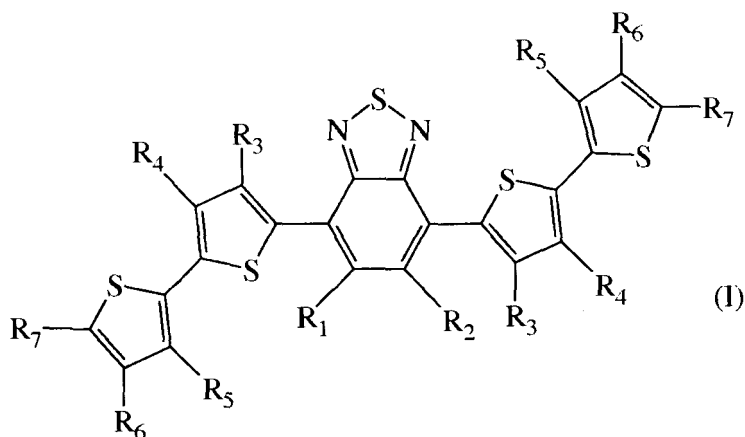
[0064] Las mediciones de energía fueron realizadas cubriendo con un recubrimiento (cubierta) opaco(a) superficies del soporte polimérico que tenían áreas variables, a creciente distancia del borde en el cual estaban fijadas las células fotovoltaicas. Estas mediciones bajo variables condiciones de enmascaramiento permiten cuantificar la contribución de los posibles efectos de guía de ondas, de borde o de difusión múltiple debidos al soporte y que en consecuencia deben deducirse.

[0065] La Figura 3 muestra la curva relativa al valor de la energía generada por unidad de superficie iluminada, expresada como mW/cm^2 , en relación con la distancia de la cubierta desde el borde del soporte que contiene la célula solar.

[0066] Puede verse que, en ausencia de efectos de borde, la energía generada queda fijada en en torno a los $0,079 \text{ mW}/\text{cm}^2$ (Figura 3), siendo así más baja que la generada usando tanto 4,7-di(2',2''-bitien-5'-il)-2,1,3-benzotiadiazol (QTB) (Ejemplo 1) como 4,7-di(5''-n-hexil-2',2''-bitien-5'-il)-2,1,3-benzotiadiazol (QTB-ex) (Ejemplo 2) según la presente invención.

REIVINDICACIONES

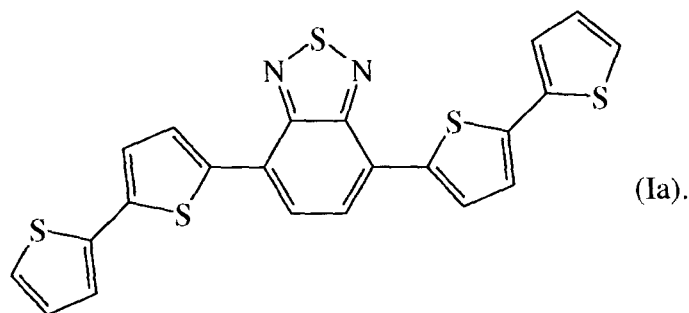
1. Concentrador solar luminiscente (LSC) que comprende al menos un compuesto de benzotiadiazol disustituido que tiene la fórmula general (I):



en donde:

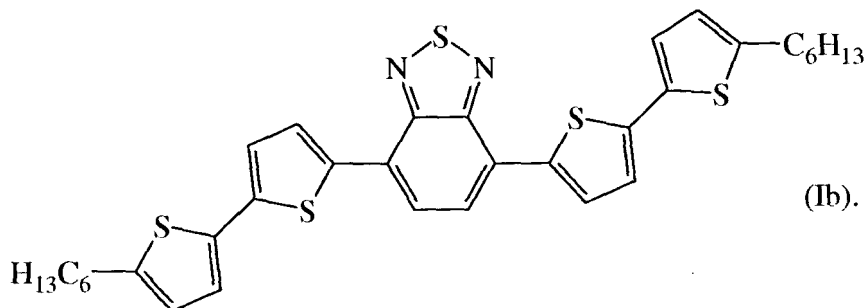
- R₁, R₂, R₃, R₄, R₅, R₆ y R₇, que son iguales o distintos unos de otros, representan a un átomo de hidrógeno; o bien son seleccionados de entre los miembros del grupo que consta de grupos alquilo lineales o ramificados de C₁-C₂₀, grupos cicloalquilo opcionalmente sustituidos, grupos arilo opcionalmente sustituidos y grupos alcoxilo lineales o ramificados de C₁-C₂₀, opcionalmente sustituidos;
- o bien R₁ y R₂ pueden estar opcionalmente unidos entre sí para así formar, junto con los átomos de carbono a los cuales están unidos, un ciclo o un sistema policíclico que contenga de 3 a 14 átomos de carbono, saturado, insaturado o aromático, y que contenga opcionalmente uno o varios heteroátomos tales como oxígeno, azufre, nitrógeno, silicio, fósforo y selenio;
- o bien R₃ y R₄ pueden estar opcionalmente unidos entre sí para así formar, junto con los átomos de carbono a los cuales están unidos, un ciclo o un sistema policíclico que contenga de 3 a 14 átomos de carbono, saturado, insaturado o aromático, y que opcionalmente contenga uno o varios heteroátomos tales como oxígeno, azufre, nitrógeno, silicio, fósforo y selenio;
- o bien R₅ y R₆ pueden estar opcionalmente unidos entre sí para así formar, junto con los átomos de carbono a los cuales están unidos, un ciclo o un sistema policíclico que contenga de 3 a 14 átomos de carbono, saturado, insaturado o aromático, y que opcionalmente contenga uno o varios heteroátomos tales como oxígeno, azufre, nitrógeno, silicio, fósforo y selenio;
- o bien R₆ y R₇ pueden estar opcionalmente unidos entre sí para así formar, junto con los átomos de carbono a los cuales están unidos, un ciclo o un sistema policíclico que contenga de 3 a 14 átomos de carbono, saturado, insaturado o aromático, y que opcionalmente contenga uno o varios heteroátomos tales como oxígeno, azufre, nitrógeno, silicio, fósforo y selenio.

2. Concentrador solar luminiscente según la reivindicación 1, en donde en dicha fórmula general (I) los sustituyentes R₁, R₂, R₃, R₄, R₅, R₆ y R₇ representan a un átomo de hidrógeno.
3. Concentrador solar luminiscente según la reivindicación 2, en donde dicho compuesto de benzotiadiazol disustituido que tiene la fórmula general (I) es 4,7-di(2',2''-bi-tien-5'-il)-2,1,3-benzotiadiazol (QTB) que tiene la fórmula (Ia):

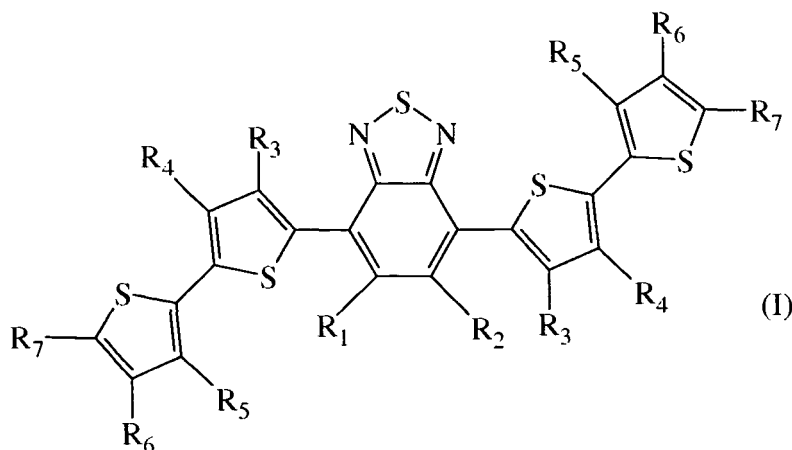


4. Concentrador solar luminiscente según la reivindicación 1, en donde en dicha fórmula general (I) los sustituyentes R_1 , R_2 , R_3 , R_4 , R_5 y R_6 representan a un átomo de hidrógeno, y el sustituyente R_7 representa a un grupo hexilo.

5. Concentrador solar luminiscente según la reivindicación 4, en donde dicho compuesto de benzotiadiazol disustituido que tiene la fórmula general (I) es 4,7-di(5''-n-hexil-2',2''-bitien-5'-il)-2,1,3-benzotiadiazol (QTB-ex) que tiene la fórmula (Ib):



6. Uso de al menos un compuesto de benzotiadiazol disustituido que tiene la fórmula general (I):

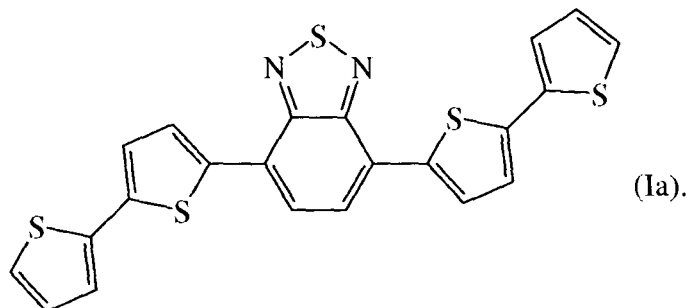


en donde:

- R_1 , R_2 , R_3 , R_4 , R_5 , R_6 y R_7 , que son iguales o distintos unos de otros, representan a un átomo de hidrógeno; o bien son seleccionados de entre los miembros del grupo que consta de grupos alquilo lineales o ramificados de C_1 - C_{20} , grupos cicloalquilo opcionalmente sustituidos, grupos arilo opcionalmente sustituidos y grupos alcoxilo lineales o ramificados de C_1 - C_{20} , opcionalmente sustituidos;
 - o bien R_1 y R_2 pueden estar opcionalmente unidos entre sí para así formar, junto con los átomos de carbono a los cuales están unidos, un ciclo o un sistema policíclico que contenga de 3 a 14 átomos de carbono, saturado, insaturado o aromático, y que contenga opcionalmente uno o varios heteroátomos tales como oxígeno, azufre, nitrógeno, silicio, fósforo y selenio;
 - o bien R_3 y R_4 pueden estar opcionalmente unidos entre sí para así formar, junto con los átomos de carbono a los cuales están unidos, un ciclo o un sistema policíclico que contenga de 3 a 14 átomos de carbono, saturado, insaturado o aromático, y que opcionalmente contenga uno o varios heteroátomos tales como oxígeno, azufre, nitrógeno, silicio, fósforo y selenio;
 - o bien R_5 y R_6 pueden estar opcionalmente unidos entre sí para así formar, junto con los átomos de carbono a los cuales están unidos, un ciclo o un sistema policíclico que contenga de 3 a 14 átomos de carbono, saturado, insaturado o aromático, y que opcionalmente contenga uno o varios heteroátomos tales como oxígeno, azufre, nitrógeno, silicio, fósforo y selenio;
 - o bien R_6 y R_7 pueden estar opcionalmente unidos entre sí para así formar, junto con los átomos de carbono a los cuales están unidos, un ciclo o un sistema policíclico que contenga de 3 a 14 átomos de carbono, saturado, insaturado o aromático, y que opcionalmente contenga uno o varios heteroátomos tales como oxígeno, azufre, nitrógeno, silicio, fósforo y selenio,
- en la construcción de concentradores solares luminiscentes (LSC).

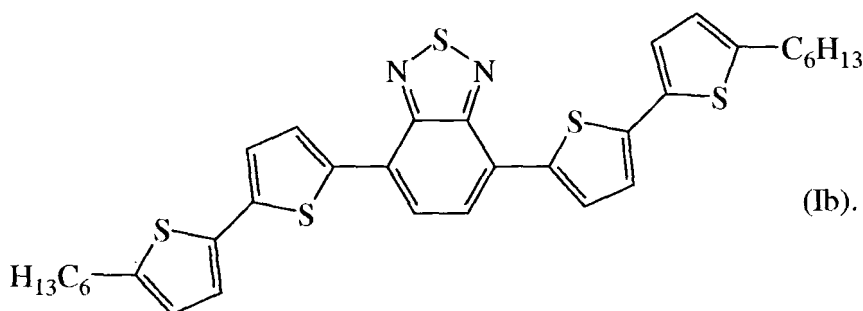
7. Uso según la reivindicación 6, en donde en dicha fórmula general (I) los sustituyentes R_1 , R_2 , R_3 , R_4 , R_5 , R_6 y R_7 representan a un átomo de hidrógeno.

8. Uso según la reivindicación 7, en donde dicho compuesto de benzotiadiazol disustituido que tiene la fórmula general (I) es 4,7-di(2',2''-bi-tien-5'-il)-2,1,3-benzotiadiazol (QTB) que tiene la fórmula (Ia):



9. Uso según la reivindicación 6, en donde en dicha fórmula general (I) los sustituyentes R_1 , R_2 , R_3 , R_4 , R_5 y R_6 representan a un átomo de hidrógeno, y el sustituyente R_7 representa a un grupo hexilo.

10. Uso según la reivindicación 9, en donde dicho compuesto de benzotiadiazol disustituido que tiene la fórmula general (I) es 4,7-di(5''-n-hexil-2',2''-bitien-5'-il)-2,1,3-benzotiadiazol (QTB-ex) que tiene la fórmula (Ib):



11. Dispositivo fotovoltaico seleccionado de entre los miembros del grupo que consta de células fotovoltaicas, módulos fotovoltaicos, células solares y módulos solares, sobre soportes tanto rígidos como flexibles, comprendiendo dicho dispositivo fotovoltaico un concentrador solar luminiscente (LSC) que incluye al menos un compuesto de benzotiadiazol disustituido que tiene la fórmula general (I), según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5.

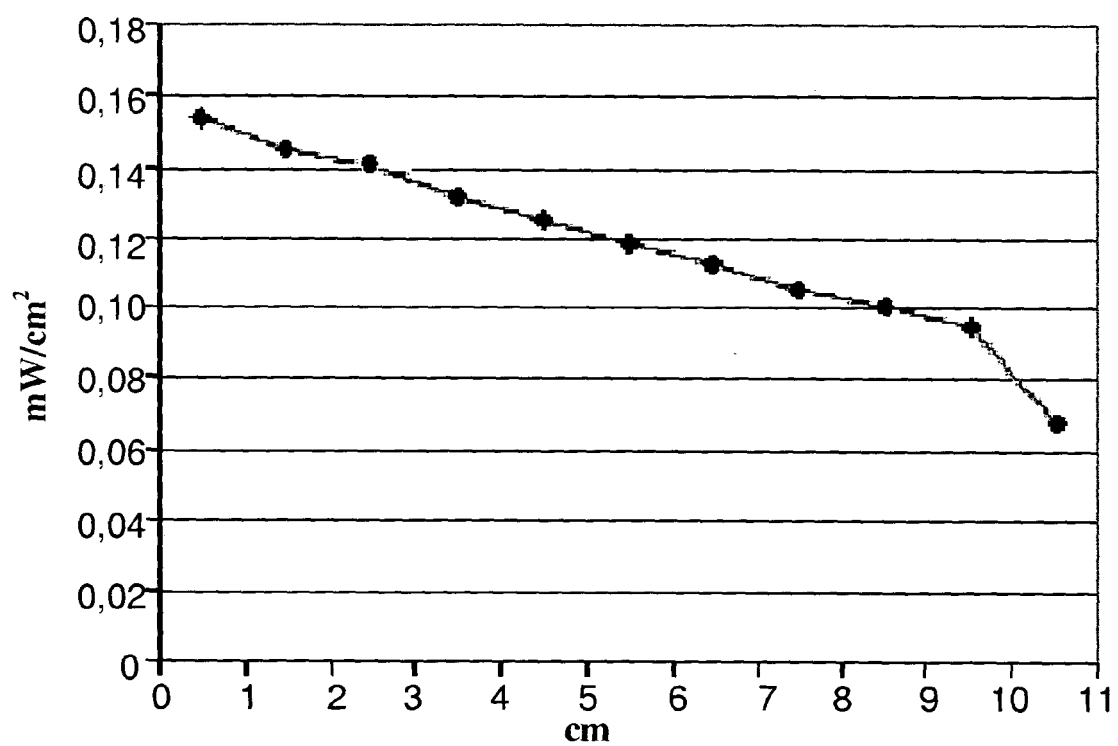


Figura 1

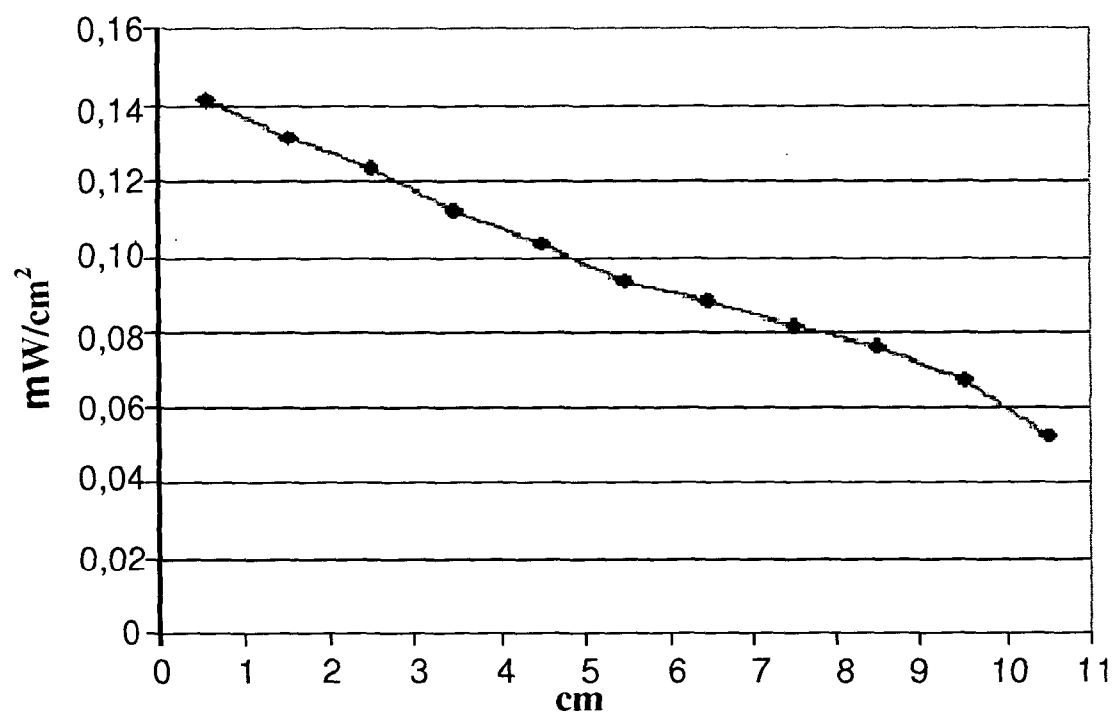


Figura 2

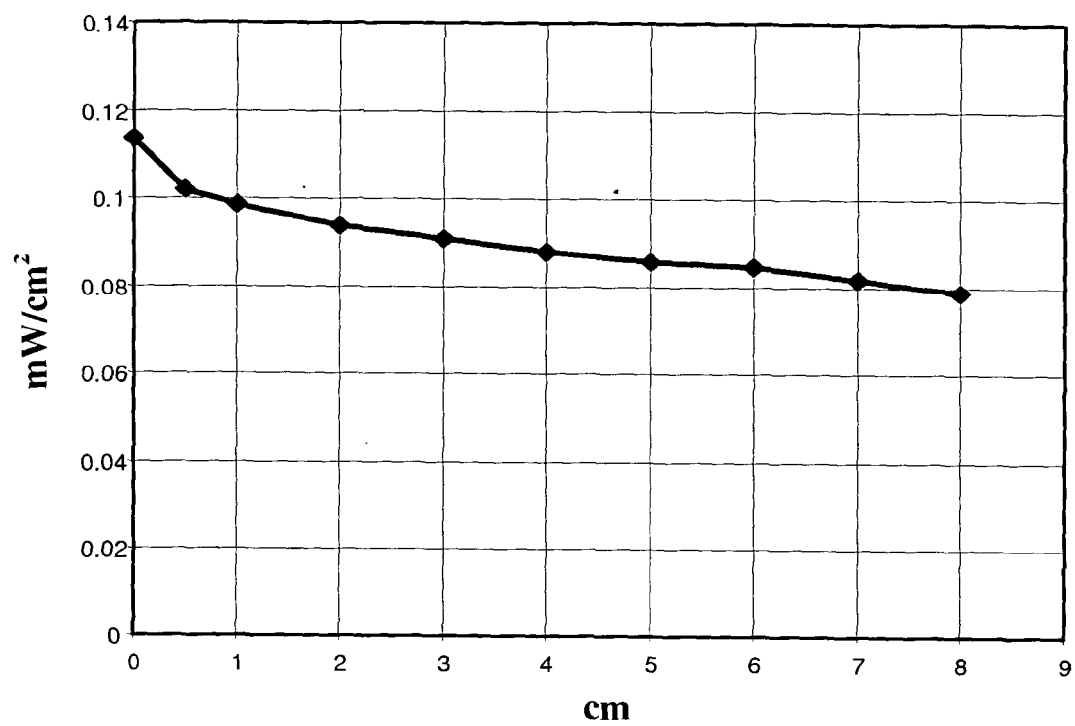


Figura 3