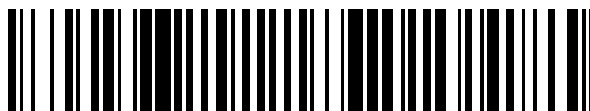


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 400 399**

51 Int. Cl.:

H01L 51/42

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.02.2008** **E 08715846 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.12.2012** **EP 2126997**

54 Título: **Células solares orgánicas híbridas con nanopartículas semiconductoras rodeadas de modificaciones de la superficie fotoactivos**

30 Prioridad:

27.02.2007 DE 102007009790

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
09.04.2013

73 Titular/es:

**BAYER INTELLECTUAL PROPERTY GMBH
(100.0%)
Alfred-Nobel-Strasse 10
40789 Monheim , DE**

72 Inventor/es:

**RAUSCHER, FRANK;
HOHEISEL, WERNER;
HENNINGER, BJÖRN y
MLECZKO, LESLAW**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 400 399 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

Células solares orgánicas híbridas con nanopartículas semiconductoras rodeadas de modificadores de la superficie fotoactivos

5 La presente invención se refiere al campo de las células solares, en particular de las células solares orgánicas híbridas.

Este tipo de células solares son conocidas, entre otras cosas, por el documento US 6.878.871. En este documento se describe una célula solar en la que están dispuestas nanopartículas semiconductoras en la capa fotoactiva.

10 En el documento EP 1 473 745 A se describen células solares revestidas con tinta, en las que la tinta es un complejo anfífilo de rutenio-polipiridilo y sobre las que está coadsorbido adicionalmente un estabilizante, cuya estructura molecular presenta una parte hidrófoba y un grupo de anclaje. El revestimiento de tinta y el estabilizante coadsorbido están aplicados sobre la capa de óxido de metal semiconductor del fotoánodo.

L. Schmidt-Mende y col. describen en "Efficiency improvement in solid-state-dye-sensitized photovoltaics with an amphiphilic Ruthenium-dye" publicado en Appl. Phys. Lett. 86 (2004) también revestimientos de tinta, presentando las tintas propiedades anfífilas.

15 En el documento WO 2004/022714 A se describen otras composiciones que tienen la capacidad de cambiar el transporte de carga a través de una superficie nanocristalina o a través de una matriz que contiene nanocristales. Tal composición se puede usar en células solares de acuerdo con el documento WO 2004/022714 A.

20 Sin embargo, estas y otras células solares similares del estado de la técnica poseen a menudo solo una eficiencia de potencia insatisfactoria. Esto se debe entre otras cosas a que ha resultado problemático separar rápidamente los excitones (par electrón-hueco unido) generados por absorción de fotones mediante una transferencia de cargas eficaz en la interfaz nanopartícula/ polímero para evitar una recombinación dentro de la célula solar, que reduce la potencia.

25 De este modo se propone el objetivo de crear una célula solar orgánica híbrida que presente una mayor eficiencia de potencia con las demás propiedades al menos no significativamente empeoradas, preferentemente incluso iguales o mejoradas.

Para alcanzar este objetivo se proporciona una célula solar de acuerdo con la reivindicación 1 de la presente invención.

30 Por estar rodeadas las nanopartículas semiconductoras al menos de un material tensioactivo de acuerdo con la reivindicación 1 se pudo constatar en un amplio campo de aplicaciones de la presente invención un aumento de la eficiencia claramente mayor, lo que, sin limitarse a una teoría de este tipo, se debe a una separación de cargas mejorada en la interfaz entre nanopartícula y matriz orgánica semiconductor, por ejemplo un polímero semiconductor, dentro de la capa fotoactiva de la célula solar. Por "fotoactivo" en el sentido de la presente invención se entiende en particular que se absorbe luz por la generación de excitones.

35 Por "material tensioactivo" en el sentido de la presente invención se entiende en particular un material que se compone esencialmente de moléculas que presentan un grupo de cabeza (por ejemplo, pero sin limitación, un grupo carboxilo, amino, tiol, fosfato o sulfato) y un grupo de cola apolar.

40 Por "material tensioactivo fotoactivo" en el sentido de la presente invención se entiende en particular que el al menos un material tensioactivo posee un orbital molecular superior ocupado (HOMO) así como un orbital molecular inferior desocupado (LUMO), cuyo estado energético es tal, que sea posible la separación de los portadores de carga generados por absorción de luz en la nanopartícula semiconductor y/o en la matriz orgánica circundante (correspondiente a lo que se denomina en la tecnología de semiconductores transición de tipo II). En muchas aplicaciones de la presente invención se mejoró adicionalmente, debido a las propiedades del agente tensioactivo relativas a la conductividad de huecos y/o electrones, la separación de cargas de los excitones que se generan por absorción de luz dentro de las nanopartículas y/o en la matriz orgánica circundante, por ejemplo un polímero semiconductor.

45 En la interfaz de una transición de tipo II, el material con el LUMO energéticamente inferior también se denomina aceptor, y el material con el HOMO energéticamente superior, donador.

50 Por "nanopartículas semiconductoras" en el sentido de la presente invención se entienden materiales inorgánicos que están configurados de forma esencialmente cristalina o aproximadamente cristalina, poseen una banda prohibida de $\geq 0,5$ a $\leq 3,5$ eV y presentan como media una expansión dimensional característica en el intervalo de ≥ 1 nm a ≤ 50 nm, preferentemente de $\geq 1,5$ nm a ≤ 40 nm, con especial preferencia de ≥ 2 nm a ≤ 30 nm. Por expansión dimensional característica se entiende en el sentido de la presente invención la dimensión de las nanopartículas que es determinante para sus propiedades fisicoquímicas. Ésta es en el caso de partículas esféricas el diámetro, en el caso de partículas alargadas, por ejemplo varillas, el diámetro de las varillas y en el caso de

partículas de múltiples brazos, el diámetro de los brazos.

Las nanopartículas semiconductoras de acuerdo con la invención de acuerdo con la reivindicación 1 del grupo de los semiconductores compuestos II-VI o III-V (por ejemplo CdSe, CdTe, InP) y mezclas de ellos tienen las propiedades anteriormente mencionadas.

- 5 Según una forma de realización preferida de la presente invención, el al menos un material tensioactivo fotoactivo contiene un material conductor de tipo p y de tipo n.

Según una forma de realización preferida de la presente invención, la densidad de ocupación de la superficie de las nanopartículas semiconductoras con al menos un material tensioactivo fotoactivo asciende a entre $\geq 50\%$ y $\leq 100\%$, con especial preferencia a entre $\geq 80\%$ y $\leq 100\%$, con muy especial preferencia a entre $\geq 95\%$ y $\leq 100\%$.

- 10 Una densidad de ocupación del 100 % significa en especial que la matriz orgánica circundante no está en contacto directo con las nanopartículas semiconductoras.

Las proporciones molares de los materiales conductores de tipo p y/o de tipo n en el material tensioactivo fotoactivo pueden variar entre el 0 % y el 100 %, aunque preferentemente entre el 20 % y el 80 %. Con especial preferencia, la relación entre las proporciones molares de los materiales conductores de tipo p y de tipo n en el material tensioactivo fotoactivo es inversamente proporcional a la relación de la absorción (densidad óptica) de los componentes conductores de tipo p y de tipo n de toda la célula solar según la fórmula

$$\frac{n_p}{n_n} = A \cdot \frac{a_n}{a_p} \cdot \frac{\sigma_n}{\sigma_p}$$

- 20 en la que n_p representa la cantidad molar del material conductor p, n_n la cantidad molar del material conductor de tipo n en el material tensioactivo fotoactivo, de forma correspondiente, a_n o a_p representa la absorción del material n conductor de tipo n o de tipo p de la célula solar y σ_n o σ_p la conductividad del material tensioactivo fotoactivo conductor de tipo n y de tipo p y en la que el factor A asciende a entre $\geq 0,05$ y ≤ 20 , preferentemente entre $\geq 0,5$ y $\leq 1,5$ y con especial preferencia entre $\geq 0,8$ y $\leq 1,2$. De este modo se puede mejorar en muchas aplicaciones de la presente invención la eficacia del transporte de los portadores de carga en la dirección conveniente (los electrones en dirección de los semiconductores de tipo n, los huecos en dirección de los semiconductores tipo p).

- 25 En el caso de que, por ejemplo, el polímero conductor de tipo p presente una absorción mayor, se desea, según una forma de realización preferida de la presente invención, que se intensifique la transición de los electrones hacia la nanopartícula semiconductor conductora de tipo n, y por ello ha de preferirse una proporción mayor de material tensioactivo fotoactivo conductor de tipo n. En el caso de que el polímero conductor de tipo p posea una absorción menor que las nanopartículas semiconductoras conductoras de tipo n, ocurre lo contrario, según una forma de realización preferida de la presente invención. Según una forma de realización preferida de la presente invención, se ha de proceder de forma análoga en el caso de que el polímero sea conductor de tipo n y las nanopartículas semiconductoras sean conductoras p.

Según una forma de realización preferida de la presente invención, las nanopartículas semiconductoras están incorporadas en una matriz orgánica fotoactiva.

- 35 Por "matriz" orgánica fotoactiva en el sentido de la presente invención se entiende en particular que un material orgánico semiconductor con una banda prohibida adecuada y unos estados HOMO-LUMO adecuados envuelve por completo las nanopartículas, salvo las zonas de contacto entre las nanopartículas y las zonas de contacto con los electrodos que evacúan la carga. El material posee una banda prohibida adecuada cuando por contacto con las nanopartículas semiconductoras usadas se produce la heterounión de tipo II conocida por el experto. En una forma de realización preferida, la diferencia de energía entre el LUMO del aceptor y el HOMO del donador y, por lo tanto, la tensión en los bornes de la célula solar que se puede alcanzar teóricamente es lo más grande posible.

- 40 En el caso de que el aceptor presente una absorción mayor que el donador, la diferencia de energía entre el HOMO del aceptor y el HOMO del donador menos la energía de unión de excitones se encuentra, en una forma de realización preferida, entre $\geq 0,01$ eV y $\leq 0,6$ eV, con especial preferencia, esta diferencia de energía se encuentra entre $\geq 0,05$ eV y $\leq 0,3$ eV.

En el caso de que el donador presente una absorción mayor que el aceptor, la diferencia de energía entre el LUMO del aceptor y el LUMO del donador menos la energía de unión de excitones se encuentra, en una forma de realización preferida, entre $\geq 0,01$ eV y $\leq 0,6$ eV, con especial preferencia, esta diferencia de energía se encuentra entre $\geq 0,05$ eV y $\leq 0,3$ eV.

- 50 Según una forma de realización preferida de la invención, la matriz orgánica comprende al menos una sustancia orgánica semiconductor fotoactiva. En este caso, preferentemente (1) las nanopartículas semiconductoras pueden ser más bien conductoras de tipo n y la matriz orgánica más bien conductora de tipo p o (2) viceversa.

Para garantizar un flujo de electrones en dirección al cátodo, el LUMO del material tensioactivo debe ser energéticamente mayor que el del material más bien conductor de tipo n pero menor que el LUMO menos la energía de unión de excitones del material más bien conductor de tipo p, de manera que se puedan descargar electrones en el material conductor de tipo n. Igualmente, el HOMO del material tensioactivo debe ser energéticamente mayor que el del material más bien semiconductor de tipo n pero menor que el del material más bien conductor de tipo p, de manera que puedan fluir huecos a la matriz orgánica y, por lo tanto, en dirección al ánodo. El estado del LUMO del material tensioactivo se encuentra en el primer caso (1) preferentemente próximo al de la nanopartícula semiconductor para que el material tensioactivo constituya una barrera energética lo más baja posible para el transporte de los electrones de una partícula a otra hasta el cátodo. La separación energética entre los LUMO del agente tensioactivo (siendo el LUMO del agente tensioactivo ligeramente mayor) y de la nanopartícula conductora de tipo n asciende preferentemente a $\leq 0,6$ eV, con especial preferencia a $\leq 0,3$ eV y con muy especial preferencia a $\leq 0,1$ eV. En todos los casos, sin embargo, la diferencia entre los LUMO del polímero conductor de tipo p y de la nanopartícula conductora de tipo n o del agente tensioactivo debe ser tan grande como para que la diferencia de energía sea suficiente para producir una separación de la pareja electrón-hueco unida (excitón) generada en el material absorbente. De forma correspondiente, el estado del HOMO en el segundo caso (2) se encuentra preferentemente próximo al de la nanopartícula semiconductor, para que el material tensioactivo constituya una barrera energética lo más baja posible para el transporte de los huecos de una partícula a otra hasta el ánodo. La diferencia energética de los HOMO asciende preferentemente a $\leq 0,6$ eV, con especial preferencia a $\leq 0,3$ eV y con muy especial preferencia a $\leq 0,1$ eV.

De acuerdo con la invención, la constelación del nivel energético del material tensioactivo y de las nanopartículas entre sí preferentemente se elige de manera que se cumpla:

$$\frac{\Delta E_{\text{tensioactivo}}}{\Delta E_{\text{nano}}} \geq \frac{HOMO(nano) + X - LUMO(nano)}{HOMO(nano) + Y - LUMO(nano)} \text{ para materiales tensioactivos conductores de tipo p}$$

y/o

$$\frac{\Delta E_{\text{tensioactivo}}}{\Delta E_{\text{nano}}} \geq \frac{HOMO(nano) + X - LUMO(nano)}{HOMO(nano) + Y - LUMO(nano)} \text{ para materiales tensioactivos conductores de tipo n}$$

en las que Y se selecciona en el intervalo de $0 \leq Y \leq 1,5$ eV, con especial preferencia de $0,1 \leq Y \leq 0,8$ eV, y X en el intervalo de $0 \leq X \leq 1$ eV, con especial preferencia de $0,1 \leq X \leq 0,5$ eV.

En otra forma de realización preferida, el material tensioactivo absorbe al menos en una zona del intervalo de longitudes de onda en la que la luz solar presenta una alta intensidad (de 400 nm a 1000 nm), con una absorción $\varepsilon \geq 10^{-4} \cdot \text{nm}^{-1}$, preferentemente $\varepsilon \geq 10^{-3} \cdot \text{nm}^{-1}$, con especial preferencia $\varepsilon \geq 10^{-2} \cdot \text{nm}^{-1}$, y de este modo contribuye activamente a la generación de excitones en la capa fotoactiva de la célula solar. La relación entre la absorción y la densidad óptica DO carente de unidades es $DO = \varepsilon \cdot d$. El símbolo d equivale aquí al grosor de capa del material tensioactivo alrededor de las nanopartículas semiconductoras.

Según una forma de realización preferida de la presente invención, la matriz comprende un polímero orgánico. Esto ha resultado ventajoso en muchas aplicaciones de la presente invención, ya que así la célula solar deseada se puede construir de forma sencilla, por ejemplo mediante procedimientos de presión o de colada.

Definición de grupos general: en la descripción y en las reivindicaciones se reivindican y describen grupos generales, como, por ejemplo: alquilo, alcoxi, arilo, etc. Salvo que se indique lo contrario, en el marco de la presente invención se usan con preferencia los siguientes grupos entre los grupos descritos en general:

alquilo: alquilos C1-C8 lineales y ramificados,

alquilos de cadena larga: alquilos C5-C20 lineales y ramificados

alquenilo: alquenilo C2-C8,

cicloalquilo: cicloalquilo C3-C8,

alcoxi: alcoxi C1-C6,

alcoxi de cadena larga: alcoxi C5-C20 lineales y ramificados,

alquilenos: seleccionados del grupo formado por:

metileno; 1,1-etileno; 1,2-etileno; 1,1-propilideno; 1,2-propileno; 1,3-propileno; 2,2-propilideno; butan-2-ol-1,4-diilo; propan-2-ol-1,3-diilo; 1,4-butileno; ciclohexano-1,1-diilo; ciclohexano-1,2-diilo; ciclohexano-1,3-diilo; ciclohexano-1,4-diilo; ciclopentano-1,1-diilo; ciclopentano-1,2-diilo; y ciclopentano-1,3-diilo,

arilo: seleccionado entre compuestos aromáticos con un peso molecular inferior a 300 Da.

arilenos: seleccionados del grupo formado por: 1,2-fenileno; 1,3-fenileno; 1,4-fenileno; 1,2-naftalenileno; 1,3-naftalenileno; 1,4-naftalenileno; 2,3-naftalenileno; 1-hidroxi-2,3-fenileno; 1-hidroxi-2,4-fenileno; 1-hidroxi-2,5-fenileno; y 1-hidroxi-2,6-fenileno,

5 heteroarilo: seleccionado del grupo formado por: piridinilo; pirimidinilo; pirazinilo; triazolilo; piridazinilo; 1,3,5-triazinilo; quinolinilo; isoquinolinilo; quinoxalinilo; imidazolilo; pirazolilo; benzimidazolilo; tiazolilo; oxazolidinilo; pirrolilo; tiofenilo; carbazolilo; indolilo; e isoindolilo, pudiendo estar unido el heteroarilo al compuesto a través de cualquier átomo del anillo del heteroarilo seleccionado.

10 heteroarileno: seleccionado del grupo formado por: piridindiilo; quinolindiilo; pirazodiilo; pirazoldiilo; triazoldiilo; pirazindiilo, tiofendiilo; e imidazoldiilo, sirviendo el heteroarileno de puente en el compuesto a través de cualquier átomo del anillo del heteroarilo seleccionado; se prefieren especialmente: piridin-2,3-diilo; piridin-2,4-diilo; piridin-2,5-diilo; piridin-2,6-diilo; piridin-3,4-diilo; piridin-3,5-diilo; quinolin-2,3-diilo; quinolin-2,4-diilo; quinolin-2,8-diilo; isoquinolin-1,3-diilo; isoquinolin-1,4-diilo; pirazol-1,3-diilo; pirazol-3,5-diilo; triazol-3,5-diilo; triazol-1,3-diilo; pirazin-2,5-diilo; e imidazol-2,4-diilo, tiofen-2,5-diilo, tiofen-3,5-diilo; un heterocicloalquilo C1-C6 seleccionado del grupo
15 formado por: piperidinilo; piperidina; 1,4-piperazina; tetrahidrotiofeno; tetrahidrofurano; 1,4,7-triazaciclonoanano; 1,4,8,11-tetraazaciclodecanano; 1,4,7,10,13-pentaazaciclodecanano; 1,4-diaza-7-tiaciclonoanano; 1,4-diaza-7-oxaciclonoanano; 1,4,7,10-tetraazaciclodecanano; 1,4-dioxano; 1,4,7-tritiaciclonoanano; pirrolidina; y tetrahidropirano, pudiendo estar unido el heteroarilo al alquilo C1-C6 a través de cualquier átomo del anillo del heteroarilo seleccionado.

20 heterocicloalquilenos: seleccionado del grupo formado por: piperidin-1,2-ileno; piperidin-2,6-ileno; piperidin-4,4-ilideno; 1,4-piperazin-1,4-ileno; 1,4-piperazin-2,3-ileno; 1,4-piperazin-2,5-ileno; 1,4-piperazin-2,6-ileno; 1,4-piperazin-1,2-ileno; 1,4-piperazin-1,3-ileno; 1,4-piperazin-1,4-ileno; tetrahidrotiofen-2,5-ileno; tetrahidrotiofen-3,4-ileno; tetrahidrotiofen-2,3-ileno; tetrahidrofuran-2,5-ileno; tetrahidrofuran-3,4-ileno; tetrahidrofuran-2,3-ileno; pirrolidin-2,5-ileno; pirrolidin-3,4-ileno; pirrolidin-2,3-ileno; pirrolidin-1,2-ileno; pirrolidin-1,3-ileno; pirrolidin-2,2-ilideno; 1,4,7-triazaciclonoan-1,4-ileno; 1,4,7-triazaciclonoan-2,3-ileno; 1,4,7-triazaciclonoan-2,9-ileno; 1,4,7-triazaciclonoan-3,8-ileno; 1,4,7-triazaciclonoan-2,2-ilideno; 1,4,8,11-tetraazaciclodecan-1,4-ileno; 1,4,8,11-tetraazaciclodecan-1,8-ileno; 1,4,8,11-tetraazaciclodecan-2,3-ileno; 1,4,8,11-tetraazaciclodecan-2,5-ileno; 1,4,8,11-tetraazaciclodecan-1,2-ileno; 1,4,8,11-tetraazaciclodecan-2,2-ilideno; 1,4,7,10-tetraazaciclodecan-1,4-ileno; 1,4,7,10-tetraazaciclodecan-1,7-ileno; 1,4,7,10-tetraazaciclodecan-1,2-ileno; 1,4,7,10-tetraazaciclodecan-2,3-ileno; 1,4,7,10-tetraazaciclodecan-2,2-ilideno; 1,4,7,10,13-pentaazaciclodecan-1,4-ileno; 1,4,7,10,13-pentaazaciclodecan-1,7-ileno; 1,4,7,10,13-pentaazaciclodecan-2,3-ileno; 1,4,7,10,13-pentaazaciclodecan-1,2-ileno; 1,4,7,10,13-pentaazaciclodecan-2,2-ilideno; 1,4-diaza-7-tiaciclonoan-1,4-ileno; 1,4-diaza-7-tiaciclonoan-1,2-ileno; 1,4-diaza-7-tiaciclonoan-2,3-ileno; 1,4-diaza-7-tiaciclonoan-6,8-ileno; 1,4-diaza-7-tiaciclonoan-2,2-ilideno; 1,4-diaza-7-oxaciclonoan-1,4-ileno; 1,4-diaza-7-oxaciclonoan-1,2-ileno; 1,4-diaza-7-oxaciclonoan-2,3-ileno; 1,4-diaza-7-oxaciclonoan-6,8-ileno; 1,4-diaza-7-oxaciclonoan-2,2-ilideno; 1,4-dioxan-2,3-ileno; 1,4-dioxan-2,6-ileno; 1,4-dioxan-2,2-ilideno; tetrahidropirano-2,3-ileno; tetrahidropirano-2,6-ileno; tetrahidropirano-2,5-ileno; tetrahidropirano-2,2-ilideno; 1,4,7-tritiaciclonoan-2,3-ileno; 1,4,7-tritiaciclonoan-2,9-ileno; y 1,4,7-tritiaciclonoan-2,2-ilideno;

40 heterocicloalquilo: seleccionado del grupo formado por: pirrolinilo; pirrolidinilo; morfolinilo; piperidinilo; piperazinilo; hexametilenoimina; 1,4-piperazinilo; tetrahidrotiofenilo; tetrahidrofuranilo; 1,4,7-triazaciclonoanilo; 1,4,8,11-tetraazaciclodecanilo; 1,4,7,10,13-pentaazaciclodecanilo; 1,4-diaza-7-tiaciclonoanilo; 1,4-diaza-7-oxaciclonoanilo; 1,4,7,10-tetraazaciclodecanilo; 1,4-dioxanilo; 1,4,7-tritiaciclonoanilo; tetrahidropirano; y oxazolidinilo, pudiendo estar unido el heterocicloalquilo al compuesto a través de cualquier átomo del anillo del heterocicloalquilo seleccionado.

45 halógeno: seleccionado del grupo formado por: F; Cl; Br e I,

haloalquilo: seleccionado del grupo formado por alquilos C1-C8 lineales y ramificados mono-, di-, tri-, poli- y perhalogenados,

pseudohalógeno: seleccionado del grupo formado por -CN, -SCN, -OCN, N3, -CNO, -SeCN.

50 Salvo que se indique lo contrario, los grupos más preferidos dentro de la definición de grupos generales son los siguientes grupos:

alquilo: alquilos C1-C6 lineales y ramificados,

alquilos de cadena larga: alquilos C5-C10 lineales y ramificados, preferentemente alquilos C6-C8,

alquenilo: alquenilo C3-C6,

cicloalquilo: cicloalquilo C6-C8,

alcoxi: alcoxi C1-C4,

alcoxi de cadena larga: alcoxi C5-C10 lineales y ramificados, preferentemente alcoxi C6-C8 lineales,

alquileo: seleccionado del grupo formado por: metileno; 1,2-etileno; 1,3-propileno; butan-2-ol-1,4-diilo; 1,4-butileno; ciclohexano-1,1-diilo; ciclohexano-1,2-diilo; ciclohexano-1,4-diilo; ciclopentano-1,1-diilo; y ciclopentano-1,2-diilo,

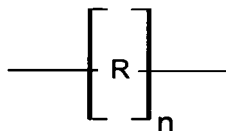
arilo: seleccionado del grupo formado por: fenilo; bifenilo; naftalenilo; antracenilo; y fenantrenilo,

arilenos: seleccionados del grupo formado por: 1,2-fenileno; 1,3-fenileno; 1,4-fenileno; 1,2-naftalenileno; 1,4-naftalenileno; 2,3-naftalenileno y 1-hidroxi-2,6-fenileno,

heteroarilenos: tiofeno, pirrol, piridina, piridazina, pirimidina, indol, tienotiofeno,

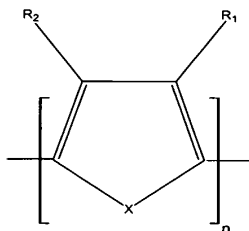
halógeno: seleccionado del grupo formado por: F y Cl.

Según una forma de realización preferida de la presente invención, la matriz comprende un polímero orgánico con la estructura



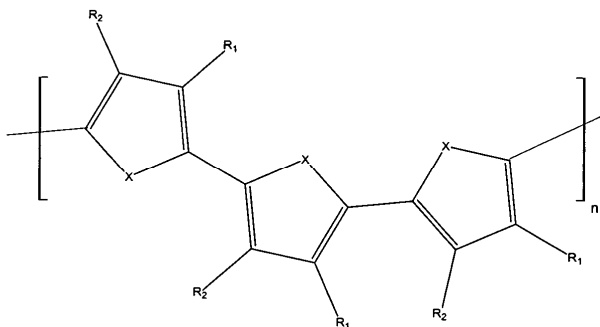
en la que cada R se selecciona independientemente del grupo formado por arilenos no sustituidos, sustituidos con alquilo y/o sustituidos con alcoxi y heteroarilenos sustituidos con alquilo y/o sustituidos con alcoxi, y n es ≥ 2 , preferentemente $n \geq 4$ a ≤ 400 .

Según una forma de realización preferida de la presente invención, la matriz comprende un polímero orgánico con la estructura



en la que cada X se selecciona independientemente para cada unidad del grupo formado por N, O, P, S, R₁ y R₂ se seleccionan independientemente para cada unidad del grupo formado por hidrógeno, alquilo, alcoxi y n se encuentra entre ≥ 4 y ≤ 500 , preferentemente entre ≥ 15 y ≤ 400 , con especial preferencia entre ≥ 20 y ≤ 300 .

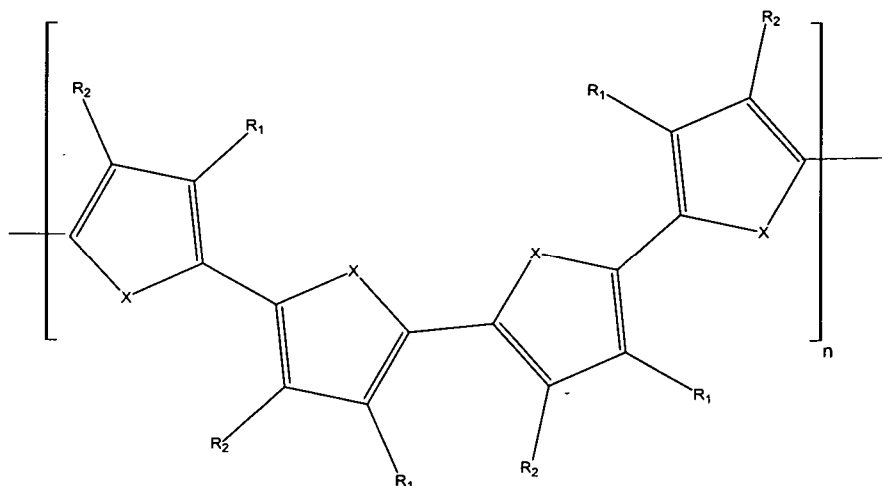
Según una forma de realización preferida de la presente invención, la matriz comprende un polímero orgánico con la estructura



en la que cada X se selecciona independientemente para cada unidad del grupo formado por N, O, P, S, R₁ y R₂ se

seleccionan independientemente para cada unidad del grupo formado por hidrógeno, alquilo, alcoxi y n se encuentra entre ≥ 4 y ≤ 300 , preferentemente entre ≥ 15 y ≤ 250 , con especial preferencia entre ≥ 20 y ≤ 150 .

Según una forma de realización preferida de la presente invención, la matriz comprende un polímero orgánico con la estructura



5

en la que cada X se selecciona independientemente para cada unidad del grupo formado por N, O, P, S, R₁ y R₂ se seleccionan independientemente para cada unidad del grupo formado por hidrógeno, alquilo, alcoxi y n se encuentra entre ≥ 4 y ≤ 300 , preferentemente entre ≥ 15 y ≤ 250 , con especial preferencia entre ≥ 20 y ≤ 150 .

10 Según una forma de realización preferida de la presente invención es válido para la relación volumétrica VA entre la nanopartícula semiconductora más el material tensioactivo circundante y la capa fotoactiva:

$$VA = \frac{V_{\text{nano}} + V_{\text{tensioactivo}}}{V_{\text{capa activa}}}$$

y se elige de tal manera que VA sea $\geq 0,1$, preferentemente de $\geq 0,2$ a $\leq 0,74$, y con más preferencia de $\geq 0,35$ a $\leq 0,6$.

15 Según una forma de realización preferida, la proporción volumétrica VA de las nanopartículas semiconductoras más el material tensioactivo circundante en la capa fotoactiva debe ser lo suficientemente alta como para asegurar suficientes rutas de percolación hacia el electrodo correspondiente para la descarga de los electrones a través del material conductor de tipo n o de los huecos a través del material conductor de tipo p. Según una forma de realización preferida de la presente invención, la proporción volumétrica de las nanopartículas semiconductoras más el material tensioactivo circundante es al menos tan elevada como para que la distancia media desde el punto de generación de una pareja electrón-hueco hasta la siguiente interfaz polímero-nanopartícula no sea mayor que la longitud de difusión de la pareja electrón/hueco, que asciende a entre aproximadamente 5 y 30 nm.

20 Para muchas aplicaciones, la proporción volumétrica óptima depende también especialmente de la morfología de las nanopartículas semiconductoras. Es tanto más baja cuanto mayor es la longitud de difusión de los excitones y cuantas más partículas se desvían de la forma esférica. Para las partículas esféricas se encuentra, según una forma de realización preferida, entre $\geq 0,2$ y $\leq 0,7$ y con especial preferencia entre $\geq 0,3$ y $\leq 0,65$. Para partículas en forma de varillas con una proporción de ejes de al menos 3:1 asciende preferentemente a entre $\geq 0,15$ y $\leq 0,65$ y con especial preferencia a entre $\geq 0,25$ y $\leq 0,6$, siendo conveniente en el caso de una proporción de ejes mayor ($> 5:1$) el límite inferior de la proporción volumétrica ($\geq 0,25$ a $\leq 0,45$). Para partículas en forma de multipodo debería encontrarse preferentemente entre $\geq 0,1$ y $\leq 0,6$ y con especial preferencia entre $\geq 0,2$ y $\leq 0,5$, debiendo ascender la proporción de ejes de las ramificaciones de los multipodos a al menos 3:1. En el caso de una proporción de ejes de al menos 5:1 es conveniente el límite inferior de la proporción volumétrica ($\geq 0,1$ a $\leq 0,4$).

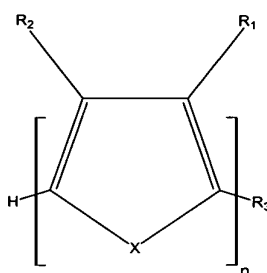
25 Con estos límites también se cumple para un gran número de aplicaciones de la presente invención el requisito anterior respecto a las rutas de percolación. Una proporción volumétrica demasiado alta de nanopartículas semiconductoras puede reducir la proporción del polímero que se caracteriza por la absorción en un determinado intervalo de longitudes de onda. Por eso, la proporción volumétrica de las nanopartículas debería ascender, en una forma de realización preferida de la presente invención, a como máximo $\leq 60\%$. En un gran número de aplicaciones de la presente invención, la absorción total de la célula solar viene determinada con toda probabilidad y sin limitarse

35

a ello tanto por la composición de los tres componentes fotoactivos (matriz orgánica, material tensioactivo, nanopartículas semiconductoras) y las relaciones volumétricas entre ellos, como también por su grosor de capa.

- 5 Según una forma de realización preferida de la presente invención, el material tensioactivo comprende también un material conductor de tipo p que presenta una movilidad de hueco de $\geq 0,001 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ a $\leq 10 \text{ cm}^2/\text{Vs}$, preferentemente de $\geq 0,01 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ a $\leq 5 \text{ cm}^2/\text{Vs}$, con especial preferencia de $\geq 0,05 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ a $\leq 2 \text{ cm}^2/\text{Vs}$.

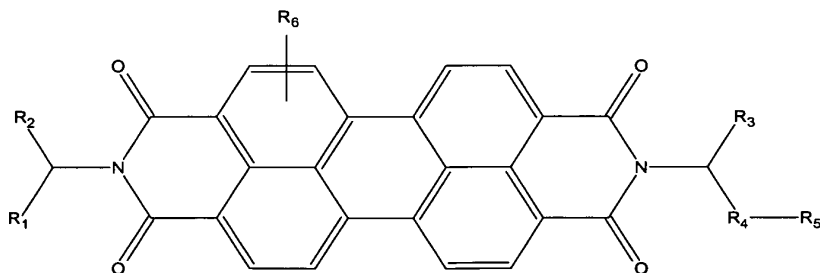
El al menos un material tensioactivo comprende preferentemente también al menos un material conductor de tipo p con la estructura



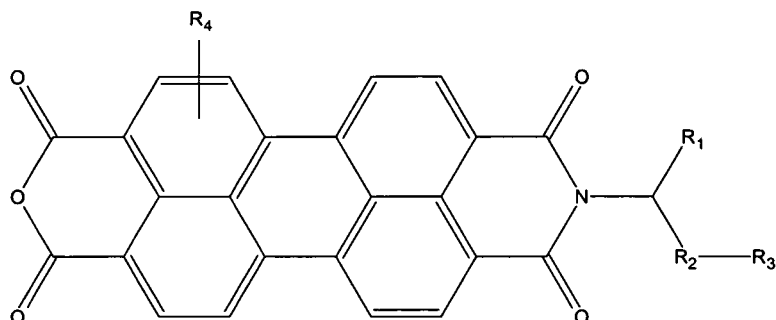
- 10 en la que cada X se selecciona independientemente para cada unidad del grupo formado por N, O, P, S, R1 y R2 se seleccionan independientemente para cada unidad del grupo formado por hidrógeno, alquilo, alcoxi, R3 se selecciona del grupo formado por carboxilato, aminas, tioles, fosfato, sulfato y de tipo n se encuentra entre ≥ 3 y ≤ 15 .

- 15 Según una forma de realización preferida de la presente invención, el material tensioactivo comprende un material conductor de tipo n y presenta preferentemente una movilidad dentro del material tensioactivo de $\geq 0,00001 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ a $\leq 10 \text{ cm}^2/\text{Vs}$, preferentemente de $\geq 0,001 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ a $\leq 5 \text{ cm}^2/\text{Vs}$, con especial preferencia de $\geq 0,01 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ a $\leq 5 \text{ cm}^2/\text{Vs}$.

El al menos un material tensioactivo de acuerdo con la reivindicación 1 comprende al menos un material conductor de tipo n con la estructura



- 20 en la que R1, R2, R3 y R6 se seleccionan independientemente del grupo formado por hidrógeno, alquilo, alcoxi, R4 representa un enlace sencillo y/o una unidad alquileo y R5 se selecciona del grupo formado por carboxilato, aminas, tioles, fosfato, sulfato, o al menos un material conductor de tipo n con la estructura



en la que R_1 y R_4 se seleccionan independientemente del grupo formado por hidrógeno, alquilo, alcoxi, R_2 representa un enlace sencillo y/o una unidad alquileo y R_3 se selecciona del grupo formado por carboxilato, aminas, tioles, fosfato, sulfato.

- 5 Según una forma de realización preferida de la presente invención, el material tensioactivo comprende al menos un material con una solubilidad de ≥ 10 g/l a ≤ 400 g/l en al menos un disolvente con un valor $E_T(30)$ de ≥ 30 a ≤ 42 .

Por "valor $E_T(30)$ " se entiende la polaridad de un disolvente, refiriéndose en el marco de la presente invención a los valores publicados en Reichart; Dimroth, Fortsch. Chem. Forsch. 1969, 11, 1-73, Reichart, Angew. Chem. 1979, 91, 119-131, así como citados en March, Advanced Organic Chemistry, 4ª edición, J. Wiley & Sons, 1992, Tabla 10.13, pág. 361.

- 10 La presente invención se refiere además al uso de una célula solar de acuerdo con la presente invención para aplicaciones electrónicas portátiles (por ejemplo teléfono móvil, reproductor de MP3, ordenadores portátiles, técnica médica, etc.), para el aprovechamiento en el sector del automóvil para la generación de corriente para diversos consumidores eléctricos, para el aprovechamiento de células solares semitransparentes en el acristalamiento de edificios, invernaderos o automóviles, en relojes, objetos de diseño, para el aprovechamiento de una célula solar de este tipo en forma de una hoja totalmente flexible y configurable a voluntad, para la obtención estacionaria de energía en forma de módulos sobre tejados y paredes o de hojas, para la incorporación en prendas de vestir.

- 15 Los elementos de construcción antes mencionados, así como los reivindicados y descritos en los ejemplos de realización, que se han de usar de acuerdo con la invención no están sujetos, en cuanto a su tamaño, diseño, elección del material y concepción técnica, a ninguna condición excepcional especial, de manera que se pueden usar sin limitación los criterios de selección conocidos en el campo de aplicación.

Más detalles, características y ventajas del objeto de la invención se desprenden de las reivindicaciones dependientes, así como de la descripción siguiente de los dibujos asociados, en los que están representados a modo de ejemplo varios ejemplos de realización de una célula solar de acuerdo con la invención. En los dibujos muestran:

- 25 la fig. 1 una vista en corte muy esquemática a través de una célula solar de acuerdo con una primera forma de realización de la invención;
la fig. 2 una vista en corte muy esquemática a través de varias nanopartículas semiconductoras rodeadas de material tensioactivo de la célula solar de la fig. 1; así como
la fig. 3 una vista en corte muy esquemática a través de una célula solar de acuerdo con una segunda forma de realización de la invención.
30 la fig. 4 un diagrama con una curva característica de corriente-tensión típica para una célula solar según el ejemplo 1.
la fig. 5 un diagrama con una curva característica de corriente-tensión típica para una célula solar según el ejemplo 2.
la fig. 6 una imagen de microscopía electrónica de transmisión de una sección transversal de una célula solar según la segunda forma de realización de la invención.

- 35 La fig. 1 muestra una vista en corte muy esquemática a través de una célula solar 1 según una primera forma de realización de la invención. La célula solar incluye un primer electrodo 50, que en la presente forma de realización consta de un material transparente como, por ejemplo, ITO. Sin embargo, en principio se consideran en este caso todos los materiales conocidos en el sector, especialmente los denominados TCO (Transparent Conductive Oxides = óxidos conductores transparentes), pero también los SWCNTs (Single Wall Carbon Nanotubes, nanotubos de carbono de pared única) funcionalizados aplicados en capas finas o los MWCNTs (Multi Wall Carbon Nanotubes, nanotubos de carbono de paredes múltiples).

- 40 Sobre la célula solar está aplicada una capa de un primer polímero conductor de tipo p 40. La capa presenta un grosor de aproximadamente 40 nm, y en esta forma de realización se compone esencialmente de PEDOT:PSS. Pero también en este caso se consideran todos los materiales conocidos en el sector que presenten propiedades bloqueantes de electrones y sean transparentes a la luz en los intervalos de longitudes de onda relevantes, como el PEDOT:PSS o HIL.

La capa fotoactiva 10 se compone en la presente forma de realización de una capa de las nanopartículas semiconductoras 20 de acuerdo con la invención recubiertas con un material tensioactivo fotoactivo, que están incorporadas en el material de matriz.

- Adicionalmente está aplicada una capa 30 (cuyo grosor es de 10 nm o menos) que se compone de material de matriz puro. De este modo se evita un posible cortocircuito entre las nanopartículas semiconductoras 20 y el polímero conductor de tipo p 40. En esta forma de realización, el material de matriz es P3HT (poli-3-hexiltiofeno). Igualmente se consideran en este caso los polímeros antes mencionados. Para el grosor de capa es válido que el producto de la absorción total de la célula solar y de la conductividad de los electrones y los huecos, condicionada por la formación de rutas de percolación suficientemente eficaces para la descarga de los electrones a través del material conductor de tipo n o de los huecos a través del material conductor de tipo p, sea máximo.

A continuación sigue una capa de nanopartículas semiconductoras 20 de acuerdo con la invención rodeadas de material tensioactivo fotoactivo, que están incorporadas en el material de matriz. Cabe señalar que especialmente este segmento

de la figura se ha dibujado muy esquemáticamente. Las relaciones de tamaño, las proporciones volumétricas y las morfologías reales serán muy diferentes según la aplicación concreta.

Finalmente está aplicado sobre la capa fotoactiva 10 un segundo electrodo 60, que en la presente forma de realización se compone esencialmente de aluminio.

- 5 La fig. 2 muestra una vista en corte muy esquemática a través de varias nanopartículas semiconductoras 20 rodeadas de material tensioactivo de la célula solar de la fig. 1. En este dibujo se aprecia (muy esquemáticamente) que las nanopartículas semiconductoras se componen de un material semiconductor 21 que está rodeado de material tensioactivo fotoactivo 22. Si ahora por irradiación de luz se generan excitones por absorción de fotones y las parejas electrón-hueco unidas difunden a la interfaz nanopartícula/ polímero, se puede producir (como se indica con flechas en la fig.) una separación de cargas más eficaz a través del material tensioactivo fotoactivo 22, lo que aumenta la eficacia de la célula solar.

En una forma de realización concreta, las nanopartículas semiconductoras se componen esencialmente de CdSe y están rodeadas de una mezcla de un material conductor de tipo n, que consta de un politiofeno fosfatado en un extremo, y un material de perileno conductor de tipo p.

- 15 Cabe destacar claramente que también la fig. 2 es un dibujo muy esquemático. En los sistemas reales, las relaciones de tamaño diferirán notablemente de las de la fig. 2, puesto que las partículas semiconductoras 21 están rodeadas preferentemente de una monocapa del material fotoactivo 22.

Asimismo cabe señalar que aunque las partículas semiconductoras 21 de la fig. 1 y la fig. 2 se han mostrado con un diámetro redondo, se consideran para las partículas semiconductoras todas las morfologías imaginables, las cuales también pueden preferirse según la aplicación concreta de la invención.

Así, según una forma de realización preferida, las partículas semiconductoras se componen de varillas (es decir que son esencialmente unidimensionales), según otra forma de realización presentan una estructura similar a una hoja (es decir que son esencialmente bidimensionales) o poseen una forma tridimensional que puede ser circular, aproximadamente elipsoidal y/o una forma tetrapoda.

- 25 Cabe señalar que, según la aplicación, también pueden estar presentes en la capa fotoactiva partículas semiconductoras de distintas morfologías.

La fig. 3 muestra una vista en corte muy esquemática a través de una célula solar 1' según una segunda forma de realización de la invención. Esta realización difiere de la de la fig. 1 en que está aplicada una capa adicional 70 (una denominada "capa bloqueante de huecos", por ejemplo éster metílico del ácido fenil-C61-butírico) que evita el paso no deseado de huecos al electrodo de aluminio.

La fig. 4 muestra un diagrama con una curva característica de corriente-tensión típica para una célula solar según el ejemplo 1 en condiciones de iluminación que equivalen aproximadamente al espectro de radiación a 1,5 AM. La curva característica se registró para una célula solar compuesta por nanopartículas de CdSe y P3HT.

La fig. 5 muestra un diagrama con una curva característica de corriente-tensión típica para una célula solar según el ejemplo 2 en condiciones de iluminación que equivalen aproximadamente al espectro de radiación a 1,5 AM. La curva característica se registró para una célula solar compuesta por nanopartículas de CdSe, material tensioactivo fotoactivo y P3HT.

La fig. 6 muestra una imagen de microscopía electrónica de transmisión de una sección transversal de una célula solar según la segunda forma de realización de la invención, compuesta por nanopartículas de CdSe, material tensioactivo fotoactivo y P3HT.

Ejemplos:

Ejemplo 1: procesamiento de nanopartículas de CdSe en piridina y preparación de una célula solar de CdSe/P3HT

Para la eliminación del agente tensioactivo que se usa en la síntesis de las nanopartículas de CdSe se redispersan 35 mg de las nanopartículas de CdSe primero en 2 ml de tolueno y a continuación en 20 ml de piridina (relación entre tolueno y piridina: 1/10). Por cocción (temperatura aproximadamente 117 °C durante 2 h) a reflujo y en una atmósfera inerte se produce un intercambio de los ligandos, de manera que la piridina sustituye en gran parte los agentes tensioactivos presentes en la superficie de las nanopartículas. La precipitación siguiente de las nanopartículas recubiertas con piridina se lleva a cabo con 200 ml de n-hexano (relación entre piridina y n-hexano: 1/10). Este paso es al mismo tiempo también una prueba del éxito del intercambio de ligandos. Las nanopartículas de CdSe sedimentadas se separan por centrifugación (durante 1 h a una aceleración de aproximadamente 2200 g) del exceso de mezcla de disolvente y agente tensioactivo. Para la purificación adicional, las nanopartículas se pueden volver a redispersar en 3 ml de piridina y precipitar en 30 ml de n-hexano. Las proporciones de disolvente y agente tensioactivo en exceso se separan por centrifugación (durante 10 min a una aceleración de aproximadamente 2200 g). Después del último paso de

purificación se lleva a cabo la redispersión de las nanopartículas de CdSe recubiertas con piridina en una mezcla compuesta por el 7 % en vol. de piridina en clorobenceno (volumen usado aproximadamente 1 ml). A esta mezcla se añaden después 180 µl de una solución de P3HT/clorobenceno (50 mg/ml). Esta solución se puede usar ahora para la preparación de células solares, estando presente en la solución una relación de masa entre las nanopartículas de CdSe y P3HT de 90/10.

La célula solar se prepara entonces de la siguiente manera. La aplicación uniforme de la dispersión de CdSe/P3HT sobre una placa de vidrio recubierta con ITO y PEDOT:PSS se lleva a cabo mediante un dispositivo de recubrimiento por centrifugación a un número de revoluciones de 1500/min durante 30 s. La película así generada (véase la fig. 6) se recuece a continuación a 150 °C durante 15 min. Después se aplica el electrodo de retorno mediante metalización por evaporación de una capa de aluminio. La célula solar se midió después en condiciones que equivalen aproximadamente al espectro de radiación a 1,5 AM.

Ejemplo 2: procesamiento de nanopartículas de CdSe en piridina y material tensioactivo fotoactivo y preparación de una célula solar de CdSe/material tensioactivo fotoactivo/P3HT

Para la eliminación del agente tensioactivo que se usa en la síntesis de las nanopartículas de CdSe se redispersan 35 mg de las nanopartículas de CdSe primero en 2 ml de tolueno y a continuación en 20 ml de piridina (relación entre tolueno y piridina: 1/10). Por cocción (temperatura aproximadamente 117 °C durante 2 h) a reflujo y en una atmósfera inerte se produce un intercambio de los ligandos, de manera que la piridina sustituye en gran parte los agentes tensioactivos presentes en la superficie de las nanopartículas. La precipitación siguiente de las nanopartículas recubiertas con piridina se lleva a cabo con 200 ml de n-hexano (relación entre piridina y n-hexano: 1/10). Este paso es al mismo tiempo también una prueba del éxito del intercambio de ligandos. Las nanopartículas de CdSe sedimentadas se separan por centrifugación (durante 1 h a una aceleración de aproximadamente 2200 g) del exceso de mezcla de disolvente y agente tensioactivo. Para la purificación adicional, las nanopartículas se pueden volver a redispersar en 3 ml de piridina y precipitar en 30 ml de n-hexano.

Después del último paso de purificación se lleva a cabo la redispersión de las nanopartículas de CdSe recubiertas con piridina en una mezcla compuesta por el 9 % en vol. de piridina en clorobenceno (volumen usado aproximadamente 3 ml). La mezcla de nanopartículas de CdSe, piridina y clorobenceno se ajusta a una concentración de partículas de aproximadamente 25 mg/ml mediante concentración por evaporación con nitrógeno. A continuación se realiza la adición de 76 µl de una solución de P3HT/clorobenceno (50 mg/ml) y 77 µl de una solución de material tensioactivo fotoactivo y clorobenceno (50 mg/ml). Esta solución se puede usar ahora para la preparación de células solares, estando presente en la solución una relación de masa entre las nanopartículas de CdSe, el material tensioactivo fotoactivo y P3HT de 82/9/9.

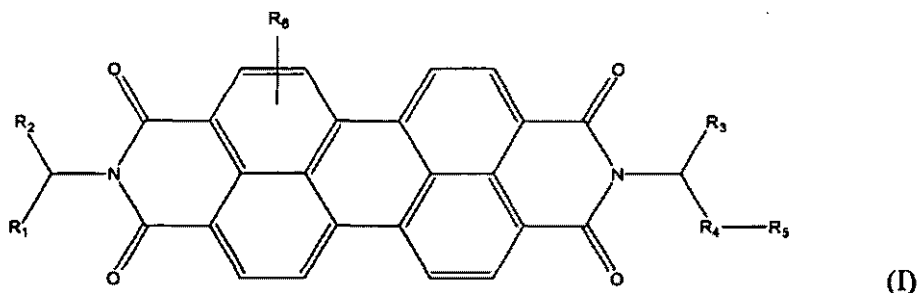
La célula solar se prepara entonces de la siguiente manera. La aplicación uniforme de la dispersión de CdSe/P3HT sobre una placa de vidrio recubierta con ITO y PEDOT:PSS se lleva a cabo mediante un dispositivo de recubrimiento por centrifugación a un número de revoluciones de 1500/min durante 30 s. La película así generada (véase la fig. 6) se recuece a continuación a 150 °C durante 15 min. Después se aplica el electrodo de retorno mediante metalización por evaporación de una capa de aluminio. La célula solar se midió después en condiciones que equivalen aproximadamente al espectro de radiación a 1,5 AM.

REIVINDICACIONES

1. Célula solar que contiene al menos una nanopartícula semiconductor rodeada por al menos un material tensioactivo fotoactivo en al menos una parte de la capa fotoactiva,

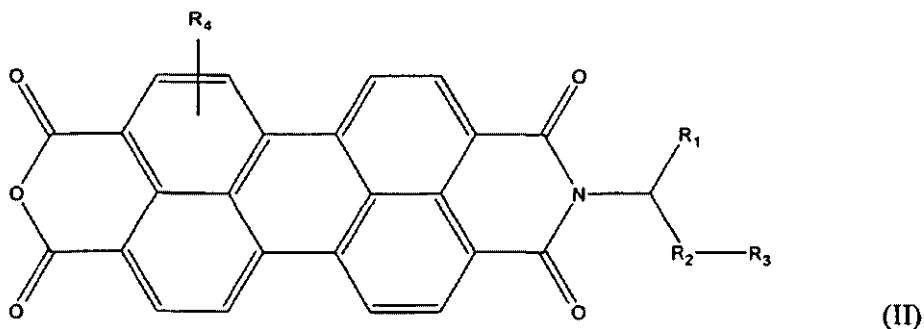
- a) siendo las nanopartículas semiconductoras semiconductores compuestos de los grupos II-IV o III-V y mezclas de los mismos, **caracterizada porque**
b) el al menos un material tensioactivo fotoactivo

i. comprende un material conductor de tipo de tipo n de acuerdo con la fórmula:



en la que R₁, R₂, R₃ y R₆ están seleccionados, independientemente entre sí, del grupo que consiste en hidrógeno, alquilo, alcoxi, R₄ es un enlace sencillo y/o una unidad de alquileo y R₅ está seleccionado entre el grupo compuesto por carboxilato, aminas, tioles, fosfato y sulfato o

ii. un material conductor de tipo de tipo n de acuerdo con la fórmula:



en la que R₁ y R₄ están seleccionados, independientemente entre sí, entre el grupo compuesto por hidrógeno, alquilo, alcoxi, R₂ es un enlace sencillo y/o una unidad de alquileo y R₃ está seleccionado entre el grupo compuesto por carboxilato, aminas, tioles, fosfato y sulfato.

2. Célula solar según la reivindicación 1, en la que la densidad de ocupación de la superficie de las nanopartículas semiconductoras asciende como media a entre $\geq 50\%$ y $\leq 100\%$.

3. Célula solar según una de las reivindicaciones 1 o 2, en la que las nanopartículas semiconductoras están incorporadas en una matriz fotoactiva.

4. Célula solar según una de las reivindicaciones 1 a 3, en la que la relación volumétrica VA entre las nanopartículas semiconductoras y el material tensioactivo circundante con respecto a la capa fotoactiva

$$VA = \frac{V_{nano} + V_{tensioactivo}}{V_{capa activa}}$$

asciende a $\geq 0,1$, preferentemente a entre $\geq 0,2$ y $\leq 0,74$, y con más preferencia a entre $\geq 0,35$ y $\leq 0,6$.

5. Célula solar según una de las reivindicaciones 1 a 4, en la que el material tensioactivo comprende también un material conductor de tipo de tipo p y la movilidad dentro del material tensioactivo asciende a entre $\geq 0,001 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ y $\leq 10 \text{ cm}^2/\text{Vs}$.

6. Célula solar según una de las reivindicaciones 1 a 5, en la que el material tensioactivo comprende un material conductor de tipo n y la movilidad dentro del material tensioactivo asciende a entre $\geq 0,00001 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ y $\leq 10 \text{ cm}^2/\text{Vs}$.

7. Célula solar según una de las reivindicaciones 1 a 6, en la que el material tensioactivo comprende al menos un material con una solubilidad de ≥ 10 g/l a ≤ 400 g/l en al menos un disolvente con un valor E_T de ≥ 30 a ≤ 42 .

5 8. Célula solar según una de las reivindicaciones 5 a 7, en la que el material tensioactivo comprende al menos un primer material conductor de tipo p y al menos un segundo material conductor de tipo n y la relación de mezcla entre el material conductor de tipo p y el material conductor de tipo n asciende a entre 0,2:1 y 4:1.

9. Célula solar según una de las reivindicaciones 5 a 8, en la que la relación entre las proporciones molares de los materiales conductores de tipo p y de tipo n en el material tensioactivo fotoactivo es inversamente proporcional a la relación de la absorción (densidad óptica) de los componentes conductores de tipo p y de tipo n de toda la célula solar según

10
$$\frac{n_p}{n_n} = A \cdot \frac{a_n}{a_p} \cdot \frac{\sigma_n}{\sigma_p},$$

en la que n_p representa la cantidad molar del material conductor de tipo p, n_n la cantidad molar del material conductor de tipo n en el material tensioactivo fotoactivo, de forma correspondiente a_n o a_p representa la absorción del material n conductor de tipo n o de tipo p de la célula solar y σ_n o σ_p la conductividad del material tensioactivo fotoactivo conductor de tipo n y de tipo p y en la que el factor A asciende a entre $\geq 0,05$ y ≤ 20 .

15 10. Uso de una célula solar según una o varias de las reivindicaciones 1 a 9 para aplicaciones electrónicas portátiles, para el aprovechamiento en el sector del automóvil para la generación de corriente para diversos consumidores eléctricos, para el aprovechamiento de células solares semitransparentes en el acristalamiento de edificios, invernaderos o automóviles, en relojes, objetos de diseño, para el aprovechamiento de una célula solar de este tipo en forma de una hoja totalmente flexible y configurable a voluntad, para la obtención estacionaria de
20 energía en forma de módulos sobre tejados y paredes o de hojas, para la incorporación en prendas de vestir.

Fig. 1

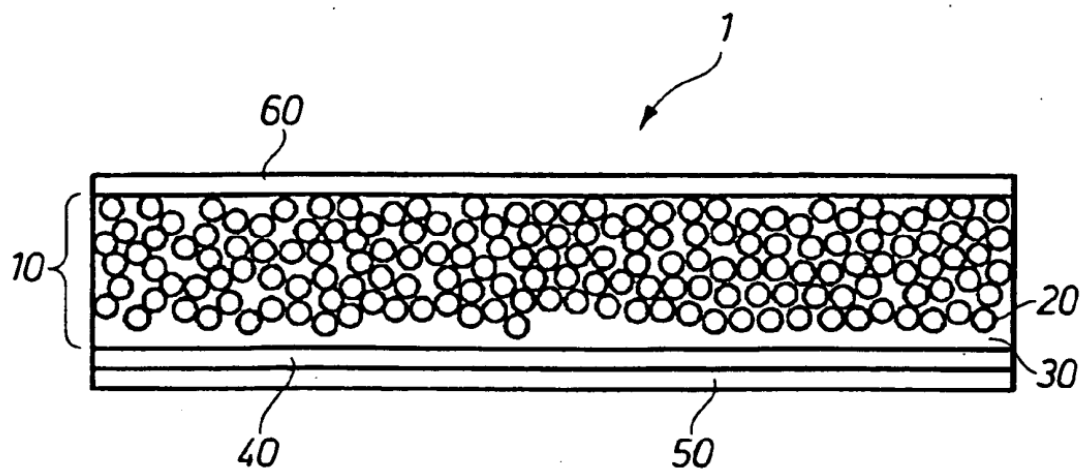


Fig. 2

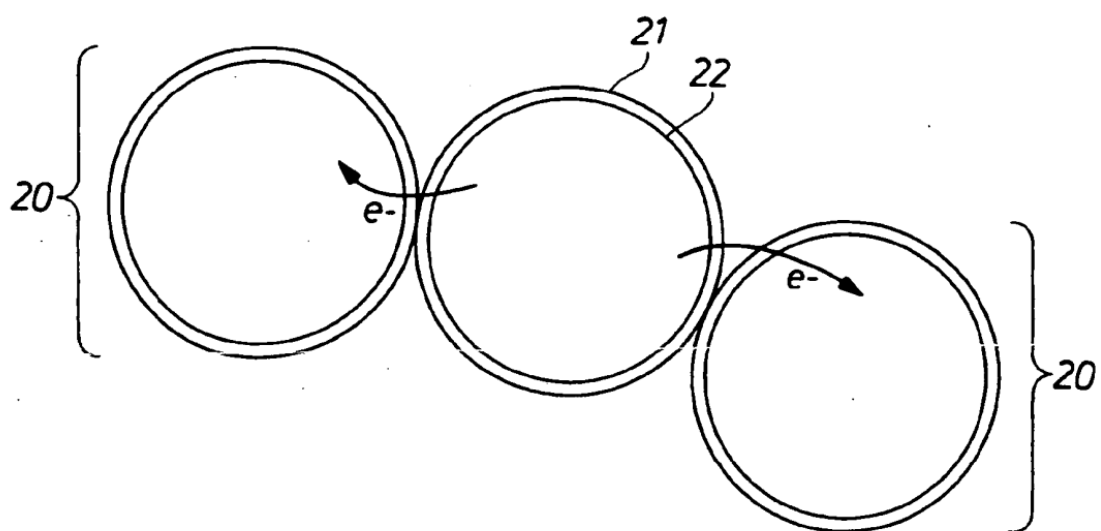


Fig.3

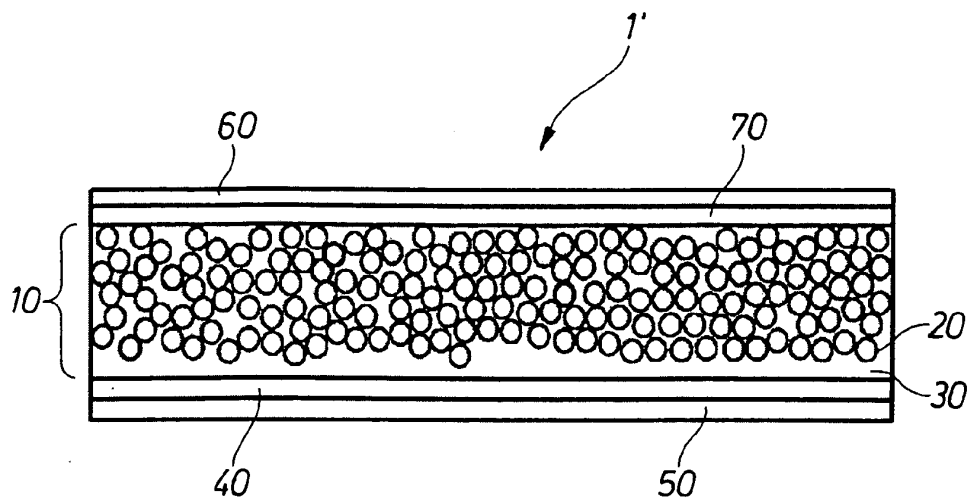


Fig.4

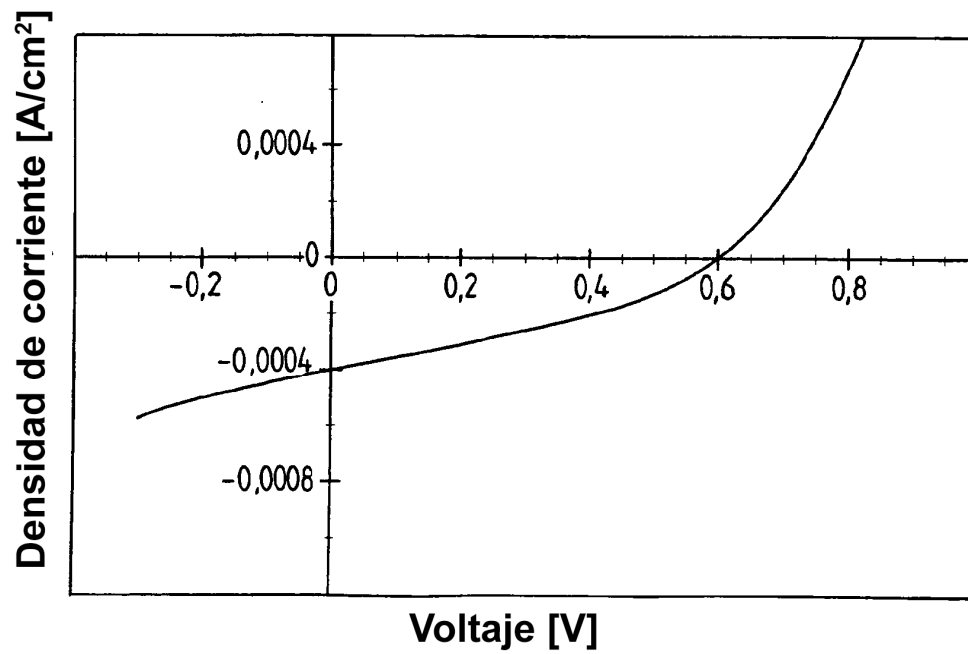


Fig.5

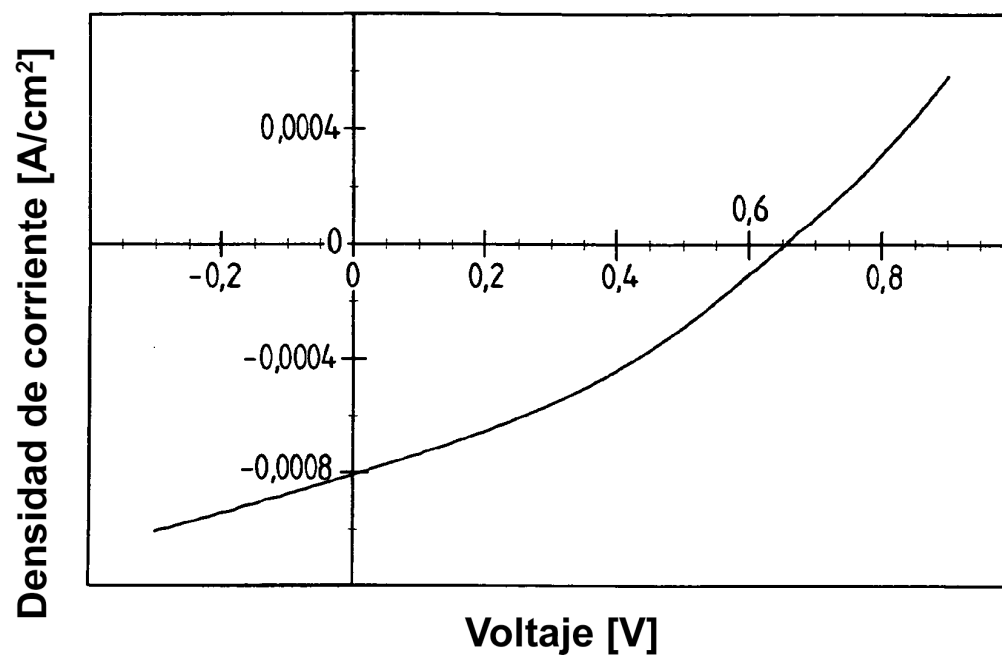


Fig.6

