

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 587 082**

51 Int. Cl.:

H01L 51/44 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.12.2010 PCT/EP2010/069679**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.06.2011 WO11073219**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.12.2010 E 10787817 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.05.2016 EP 2513995**

54 Título: **Elemento de construcción fotoactivo con capas orgánicas**

30 Prioridad:

16.12.2009 DE 102009058635

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

20.10.2016

73 Titular/es:

**HELIA TEK GMBH (100.0%)
Troidlerstrasse 3
01139 Dresden, DE**

72 Inventor/es:

**MÄNNIG, BERT;
SCHWARTZ, GREGOR y
UHRICH, CHRISTIAN**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 587 082 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

Elemento de construcción fotoactivo con capas orgánicas

5 La invención se refiere a un elemento de construcción orgánico fotoactivo, especialmente una pila solar orgánica, con un electrodo sobre el sustrato y un contraelectrodo superior, y entre los electrodos una capa de transporte dopada y un sistema de capas fotoactivo, caracterizado por que entre el sistema fotoactivo y el contraelectrodo superior se encuentra una capa de óxido metálico.

10 Desde la demostración de la primera pila solar orgánica con un grado de acción en el intervalo de porcentaje a través de Tang et al. 1986 [C.W. Tang et al. Appl. Phys. Lett. 48, 183 (1986)], se investigan materiales orgánicos intensivamente para diversos elementos de construcción electrónicos y optoelectrónicos. Las pilas solares están constituidas por una sucesión de capas delgadas (típicamente 1 nm a 1 μm) constituidas por materiales orgánicos, que se vaporizan preferentemente en vacío, o se centrifugan a partir de una disolución. El contacto eléctrico se puede efectuar mediante capas metálicas, óxidos transparentes conductivos (TCOs) y/o polímeros transparentes conductivos (PEDOT-PSS, PANI).

15 Una pila solar transforma energía lumínica en energía eléctrica. El concepto fotoactivo designa en este caso igualmente la transformación de energía solar en energía eléctrica. En contrapartida a pilas solares inorgánicas, en el caso de pilas solares orgánicas no se generan portadores de carga libres directamente a través de la luz, sino que en primer lugar se forman excitones, es decir, estados de excitación neutros eléctricamente (pares electrón-hueco unidos). Solo en el segundo paso se separan estos excitones en portadores de carga libres, que contribuyen entonces al flujo de corriente eléctrica.

20 La ventaja de tales elementos de construcción de base orgánica frente a los elementos de construcción convencionales de base inorgánica (semiconductores, como silicio, arseniuro de galio) son los coeficientes de absorción ópticos, en parte extremadamente elevados (hasta $2 \times 10^5 \text{ cm}^{-1}$), de modo que se ofrece la posibilidad de obtener pilas solares muy delgadas con gasto de materiales y energía reducido. Otros aspectos tecnológicos son los costes reducidos, la posibilidad de obtener componentes flexibles de gran superficie sobre láminas de plástico, y las casi ilimitadas posibilidades de variación y la ilimitada disponibilidad de la química orgánica.

Una posibilidad de realización de una pila solar orgánica, ya propuesta en la bibliografía, consiste en un diodo pin [Martin Pfeiffer, "Controlled doping of organic vacuum deposited dye layers: basics and applications", PhD thesis TU-Dresden, 1999.] con la siguiente estructura en capas:

0. soporte, sustrato,

30 1. contacto básico, en la mayor parte de los casos transparente,

2. capa(s) p,

3. capa(s) i,

4. capa(s) n,

5. contacto cubriente.

35 En este caso, n, o bien p, significa un dopaje n, o bien p, que conduce a un aumento de la densidad de electrones libres, o bien huecos en estado de equilibrio térmico. Sin embargo, también es posible que las capa(s) n, o bien capa(s) p no estén dopadas nominalmente, al menos en parte, y poseen propiedades preferentemente n-conductivas, o bien preferentemente p-conductivas, solo debido a las propiedades del material (por ejemplo diversas movilidades), debido a impurezas desconocidas (por ejemplo restos remanentes de la síntesis, productos de descomposición o reacción durante la obtención de la capa) o debido a influencias del entorno (por ejemplo capas limitantes, difusión de metales u otros materiales orgánicos, dopaje gaseoso de la atmósfera ambiental). En este sentido, en primer lugar se debe entender tales capas como capas de transporte. La denominación capa i designa en contrapartida una capa no dopada nominalmente (capa intrínseca). En este caso, una o varias capas i pueden estar constituidas tanto por un material, como también por una mezcla de dos materiales (los denominados retículos interpenetrantes, o bien bulk-heterojunction; M. Hiramoto et al. Mol. Cryst. Liq. Cryst., 2006, 444, páginas 33-40). La luz incidente a través del contacto básico transparente genera excitones (pares electrón-hueco unidos) en la capa i, o bien en la capa n/p. Estos excitones se pueden separar solo mediante campos eléctricos muy elevados o en interfases apropiadas. En pilas solares orgánicas no se dispone de campos suficientemente elevados, de modo que todo el éxito de conceptos prometerodres para pilas solares orgánicas se basan en la separación de excitones en interfases fotoactivas. Los excitones llegan mediante difusión a tale interfase activa, donde electrones y huecos se

separan entre sí. El material que aloja los electrones se denomina en este caso aceptor, y el material que adopta el hueco se denomina donador (o donador). La interfase separadora se puede situar entre la capa p(n) y la capa i, o bien entre dos capas i. En el campo eléctrico de la pila solar incorporado, los electrones se transportan ahora a la zona n y los orificios se transportan a la zona p. En el caso de las capas de transporte se trata preferentemente de materiales transparentes o sensiblemente transparentes con gran hueco de banda (wide-gap), como se describen, por ejemplo, en el documento WO 2004083958. En este caso, se denominan materiales wide-gap materiales cuyo máximo de absorción se sitúa en el intervalo de longitudes de onda < 450nm, preferentemente en <400nm.

Ya que a través de la luz siempre se generan en primer lugar excitones, y aún no se genera ningún soporte de carga libre, la difusión pobre en recombinación de excitones en la interfase activa juega un papel crítico en pilas orgánicas orgánicas. Para contribuir a la fotocorriente, por lo tanto, en una buena pila solar orgánica la longitud de difusión de excitones debe sobrepasar claramente la profundidad de penetración típica de la luz, para poder utilizar la parte predominante de luz. Cumplen completamente este criterio cristales orgánicos perfectos estructuralmente y respecto a pureza química, o capas delgadas. Sin embargo, para aplicaciones de gran superficie no es posible el empleo de materiales orgánicos monocristalinos, y la obtención de capas múltiples con suficiente perfección estructural es aún muy difícil hasta la fecha.

Si en el caso de la capa i se trata de una capa mixta, solo uno de los componentes, o también ambos, adopta la tarea de la absorción de la luz. La ventaja de capas mixtas es que los excitones generados deben dejar atrás solo una vía muy corta hasta que llegan a un límite de dominio, donde se separan. El transporte de electrones, o bien huecos, se efectúa por separado en los materiales respectivos. Ya que en la capa mixta los materiales están en contacto entre sí generalmente, en este concepto es decisivo que las cargas separadas posean un período de vida largo sobre el material respectivo, y desde cualquier punto estén presentes vías de percolación cerradas para ambos tipos de soporte de carga hacia el respectivo contacto.

Por el documento US 5,093,698 es conocido el dopaje de materiales orgánicos. Mediante mezclado de una sustancia de dopaje de tipo aceptor, o bien de tipo donador, se aumenta la concentración de soporte de carga en equilibrio en la capa, y se eleva la conductividad. Según el documento US 5,093,689 se emplean las capas dopadas como capas de inyección en la interfase con los materiales de contacto en elementos de construcción electroluminiscentes. También para pilas solares son convenientes cargas de dopaje similares.

Por la bibliografía son conocidas diversas posibilidades de realización para la capa i fotoactiva. En este caso se puede tratar de una capa doble (EP0000829) o de una capa mixta (Hiramoto, Appl. Phys.Lett. 58,1062 (1991)). También es conocida una combinación de capas dobles y mixtas (Hiramoto, Appl. Phys.Lett. 58,1062 (1991); US 6,559,375). Del mismo modo es sabido que la proporción de mezcla es diferente en diversas zonas de la capa mixta (US 20050110005), o bien la proporción de mezcla presenta un gradiente.

Además son conocidas por la bibliografía pilas solares tándem, o bien múltiples (Hiramoto, Chem. Lett.,1990, 327 (1990); DE 102004014046).

Por la bibliografía son conocidas hace tiempo pilas solares tándem orgánicas (Hiramoto, Chem. Lett.,1990, 327 (1990)). En la pila tándem de Hiramoto et al., una capa de oro de 2nm de grosor se encuentra entre ambas pilas aisladas. La tarea de esta capa de oro consiste en proporcionar una buena unión eléctrica entre ambas pilas aisladas: la capa de oro ocasiona una recombinación eficiente de huecos de una pila parcial con los electrones de la otra pila parcial, y ocasiona que ambas pilas parciales presenten conexión eléctrica en serie. Además, la capa de oro, como cualquier capa metálica delgada (o bien cluster metálico), absorbe una parte de la luz incidente. Esta absorción es un mecanismo de pérdida en la pila tándem de Hiramoto, ya que debido a la misma se dispone de menos luz para las capas fotoactivas (H2Pc (ftalocianina exenta de metal) / Me-PTC (N,N"-dimetilperilen-3,4,9,10-bis(dicarboximidias) en ambas pilas aisladas de la pila tándem. La tarea de la capa de oro se encuentra puramente en el lado eléctrico en esta estructura tándem.

Dentro de esta concepción, la capa de oro debía ser lo más delgada posible, o bien suprimirse por completo en el mejor de los casos.

Además, por la bibliografía son conocidas pilas tándem pin orgánicas (DE 102004014046): la estructura de tal pila tándem está constituida por dos pilas aisladas pin, describiendo la sucesión de capas "pin" la secuencia de un sistema de capas p-dopado, un sistema de capas fotoactivo no dopado y un sistema de capas n-dopado. Los sistemas de capas dopados están constituidos preferentemente por materiales transparentes, los denominados materiales/capas wide-gap, y en este caso también pueden estar parcial o completamente no dopados, o presentar también, dependiendo del lugar, diversas concentraciones de dopaje, o bien disponer de un gradiente continuo en la concentración de dopaje. Especialmente, también son posibles zonas de muy bajo dopaje o altamente dopadas en la zona límite en los electrodos, en la zona límite con otra capa de transporte dopada o no dopada, en la zona límite con las capas activas o, en pilas tándem o múltiples, en la zona límite con la pila parcial pin, o bien nip, adyacente, es decir, en la región de la zona de recombinación. También es posible cualquier combinación de todas estas

características. Naturalmente, en el caso de tal pila tándem se puede tratar también de una denominada estructura invertida (por ejemplo pila tándem nip). A continuación, todas estas posibles formas de realización de pilas tándem se caracterizan con el término pilas tándem pin. Una ventaja de tales pilas tándem pin consiste en que, mediante el empleo de capas de transporte dopadas, es posible una posibilidad de realización muy sencilla, y simultáneamente muy eficiente, para la zona de recombinación entre ambas pilas parciales. La pila tándem presenta, por ejemplo, una estructura pinpin (o también, por ejemplo, posiblemente nipnip). En la interfase entre ambas pilas parciales pin se encuentran respectivamente una capa n-dopada y una capa p-dopada, que forman un sistema pn (o bien sistema np). En tal sistema pn dopado se efectúa una recombinación muy eficiente de electrones y huecos. Por lo tanto, el apilado de dos pilas aisladas pin proporciona directamente una pila tándem pin completa, sin requerir otras capas. En este caso es especialmente ventajoso que ya no se requieran capas metálicas delgadas, como en Hiramoto, para garantizar la recombinación eficiente. De este modo se puede evitar completamente la absorción de pérdidas de tales capas metálicas delgadas.

El problema central en la optimización eficiente de pilas tándem consiste en que ambas pilas parciales deben generar la mayor cantidad posible de fotocorriente. Ya que las pilas solares orgánicas, altamente eficientes, disponen de una alta eficiencia cuántica interna (casi todos los fotones se transforman en corriente eléctrica), esto significa que ambas pilas parciales deben absorber en lo posible la misma luz (es decir, número de fotones) del espectro solar. Esto es, si una pila parcial absorbe más luz que la otra pila parcial, la primera podría generar en realidad una mayor fotocorriente que la segunda. Ya que en la pila tándem ambas pilas parciales presentan conexión eléctrica en serie, la corriente de la pila tándem se limita siempre, no obstante, por la menor corriente de una de ambas pilas parciales. La corriente potencialmente mayor de una pila parcial, que absorbe más luz, debe permanecer sin utilizar de este modo. Por lo tanto, las pilas tándem se deben optimizar de modo que ambas pilas parciales absorban la mayor cantidad de luz y absorban la misma cantidad de luz.

El balance de absorción se puede efectuar, por ejemplo, a través de la variación de grosores de ambos sistemas de capas fotoactivos. Otra posibilidad en pilas tándem pin consiste en situar los sistemas de capas fotoactivos en los máximos de distribución de campo óptica de la luz mediante la variación de grosores de las capas de transporte (esto se describe igualmente en el documento DE 102004014046).

Sin embargo, las posibilidades de adaptación mediante ambos métodos citados son limitadas, o bien van unidas a pérdida: por ejemplo en una pila tándem se puede alcanzar una igualdad de absorción reduciéndose el grosor de sistema fotoactivo en la "mejor" pila parcial, y absorbiendo esta pila parcial menos luz, es decir, exactamente la misma cantidad que la otra. Por consiguiente, si bien se ha optimizado nominalmente la pila tándem, esto puede conducir también a que la pila parcial "más débil" limite el elemento de construcción a su vez, y el potencial de la pila "mejor" no se puede utilizar. Además, las pilas tándem que deben tener un grado de acción elevado tienen que contener sistemas absorbentes, es decir, ambas pilas parciales contienen varios materiales absorbentes diferentes, y absorben parcial o completamente en diferentes zonas espectrales de la luz. No obstante, la distribución de máximos de absorción de la luz dentro del elemento de construcción es dependiente de la longitud de onda. Esto conduce a que, en este caso, la optimización de la óptica de capa delgada para cada absorbente aislado en cada una de ambas pilas tándem sea complicada, y se pueda efectuar solo de manera limitada mediante una variación de grosores de capas (ya que las diferentes condiciones para los materiales absorbentes aislados, por regla general, no se pueden cumplir simultáneamente con un grupo de grosores de capa).

Otro problema para la aplicación consiste en que las pilas solares se deben emplear bajo condiciones diferentes en diversos lugares, y con ello es diferente el espectro de luz para diversas aplicaciones. De este modo, por ejemplo, el espectro de luz para las aplicaciones en tejados corresponde muy convenientemente al espectro solar standard AM1.5 (para Europa central). Sin embargo, para sistemas integrados para fachadas de casas en ciudades (especialmente dentro de pasos de calle estrechos), las condiciones son ya diferentes y, a más tardar, en aplicaciones en interiores la luz disponible depende completamente de la fuente de luz artificial. El problema en este caso consiste en que la optimización total de las pilas tándem se puede efectuar siempre solo para un espectro de luz especial. Por lo tanto, para las aplicaciones es importante tener una posibilidad, sencilla y práctica para la producción, de adaptar las pilas tándem a diversos espectros de luz, sin que para ello se deba modificar en gran medida la estructura de la pila tándem para cada aplicación, o bien se deban emplear otros materiales absorbentes.

Además de la optimización del rendimiento lumínico, otro problema consiste en que las pilas solares orgánicas empleadas se deban aplicar sobre sustratos flexibles, como por ejemplo láminas.

El problema en este caso consiste en que existen muy buenas posibilidades de encapsulado (por ejemplo encapsulado vidrio-vidrio), pero éstas son muy caras y frecuentemente no son flexibles para muchas aplicaciones. Un encapsulado económico lo más flexible posible no es perfecto, es decir, no cierra herméticamente el elemento de construcción por completo, sino que, por ejemplo, penetran agua y oxígeno en la pila paulatinamente. De ello se deriva como requisito en la pila que ésta debe ser ya en sí misma lo más estable posible frente a aire y otras atmósferas. Por lo tanto, el objetivo es prolongar el período de aplicación y realizar una estabilidad mejorada mediante un correspondiente encapsulado. Simultáneamente se debe indicar una posibilidad económica de prolongación del período de aplicación de pilas solares orgánicas.

Por la bibliografía es conocido el empleo de capas de óxido metálico como capas de contacto (Cattin et al., JOURNAL OF APPLIED PHYSICS 105, 034507 (2009); Kim et al., APPLIED PHYSICS LETTERS 95, 093304 (2009). En este caso no se informa sobre una estabilidad elevada de los elementos de construcción.

5 Por el contrario, el documento US 2007/0221926 A1 da a conocer una capa de TiOx, que se aplicó como capa de pasivación sobre el material orgánico de un elemento de construcción orgánico fotoactivo, y conduce a un período de aplicación de la pila solar prolongado.

10 El documento US 2008 / 236 657 A1 da a conocer en la fig. 1 una pila orgánica fotovoltaica (200) con las siguientes capas: sustrato (210)/electrodo (220)/capa de bloqueo perforada (230)/capa fotoactiva (240)/ capa soporte perforada (250) y un electrodo (260)/sustrato (270). Por consiguiente, la invención toma como base la tarea de indicar un elemento de construcción fotoactivo que supere los inconvenientes descritos anteriormente, y presente en este caso una eficiencia del elemento de construcción incrementada, y un período de aplicación mejorado en lo posible. Naturalmente, la anterior discusión es válida del mismo modo para pilas solares triples y pilas solares constituidas por más de tres pilas parciales. Según la invención, el problema se soluciona mediante disposición de una pila solar orgánica según la reivindicación 1, así como mediante el empleo de la pila solar orgánica según la reivindicación 10. Las formas de ejecución preferentes se describen en las reivindicaciones subordinadas. Según la invención, la pila solar orgánica se distingue por que entre el sistema de capas fotoactivo y el contraelectrodo superior se encuentra una capa de pasivación constituida por óxido de molibdeno, o por óxido de molibdeno completa o parcialmente dopado. Especialmente en materiales de electrodo sensibles al aire (por ejemplo Al), la capa de óxido de molibdeno sirve en este caso para la estabilización del material de electrodo superior. Además, la capa de pasivación puede impedir la entrada de oxígeno y humedad en el elemento de construcción fotoactivo. En especial se suprime la entrada en las capas orgánicas. De este modo se realiza una prolongación del período de aplicación del elemento de construcción fotoactivo. En una forma de ejecución de la invención, dentro de al menos una pila, o al menos entre dos pilas adyacentes, se inserta al menos un sistema de capas de cavitación, que modifica la cavidad óptica del elemento de construcción. La denominación pila se emplea en este caso como sinónimo de una pila simple o una pila parcial de una pila tándem, o bien múltiple.

15 El sistema de capas de cavitación, o bien los sistemas de capas de cavitación, ocasionan en este caso que una pila parcial se refuerze respecto a su absorción (en especial la pila parcial que está limitada en su grosor de capa empleable (razonablemente) debido a propiedades de transporte de soporte de carga insuficientes dentro del sistema fotoactivo) y/o se posibilita una adaptación sencilla de pilas simples, tándem o múltiples al respectivo espectro de iluminación de la aplicación.

20 Esto se consigue preferentemente mediante un sistema de capas que funciona como espejo parcialmente transparente. La transparencia de este espejo puede ser dependiente de la longitud de onda en este caso. De este modo se puede optimizar la distribución de luz dentro del elemento de construcción dependiendo de la longitud de onda, y se puede conseguir que los diferentes materiales absorbentes en las pilas parciales se encuentren en una distribución de campo lo más elevada posible del intervalo de longitudes de onda absorbido por las mismas.

25 La capa de pasivación entre el sistema de capas fotoactivo y el contraelectrodo superior sirve para la estabilización del material de electrodo superior, especialmente en materiales de electrodo sensibles al aire (por ejemplo Al).

30 El contraelectrodo superior está constituido por un metal (por ejemplo, pero sin limitación a Ag, Au, Ti, Ni, Cr, Cu, Fe o combinaciones de los mismos), un óxido transparente conductor (por ejemplo, pero sin limitación a ITO, ZnO, ZnO:Al), por una capa orgánica dopada (por ejemplo moléculas reducidas, C60 n-dopado o un sistema de recombinación altamente conductor de un sistema de capas pn), por cristales orgánicos, un polímero conductor (por ejemplo, pero sin limitación a PEDOT:PSS), por un material de electrodo sensible al aire (por ejemplo, pero sin limitación a Al), o por combinaciones de los materiales citados anteriormente, sirviendo en este caso la capa de óxido metálico para la estabilización del material de electrodo superior.

35 La capa de pasivación está constituida por óxido de molibdeno según la invención. En este caso, el óxido de molibdeno se aplica por medio de procedimientos apropiados, como vaporización, bombardeo iónico en fase gaseosa, etc.

En una forma de ejecución de la invención, la capa de pasivación está completa o parcialmente dopada.

40 En una forma de ejecución de la invención, el contraelectrodo superior o una parte del contraelectrodo superior presenta una estructura en bandas, rejilla o barra de distribución.

En una forma de ejecución de la invención, la capa de pasivación limita directamente con una capa de transporte dopada, parcialmente dopada o no dopada.

En una forma de ejecución de la invención, las capas orgánicas están constituidas al menos parcialmente por

moléculas reducidas, al menos parcialmente por polímeros, o por una combinación de moléculas reducidas y polímeros.

En otra forma de ejecución, en el caso del sistema de capas de cavitación se trata de un sistema de capas metálicas, que se utiliza para modificar selectivamente la distribución de campo dentro de la pila solar orgánica.

- 5 En otra forma de ejecución, un sistema de capas de cavitación es parcialmente transparente estando presente solo en una parte de la superficie de la pila solar.

En otra forma de ejecución, un sistema de capas de cavitación es transparente para luz de un determinado tipo de polarización, mientras que este sistema de capas de cavitación refleja luz de otro tipo de polarización.

- 10 En otra forma de ejecución, al menos un sistema de capas de cavitación está separado de los sistemas de capa fotoactivos mediante al menos una capa de transporte.

En otra forma de ejecución, un sistema de capas de cavitación está en contacto directo con el sistema de capas fotoactivo, o se encuentra incluso parcial o completamente dentro del sistema de capas fotoactivo.

En otra forma de ejecución del elemento de construcción pueden estar presentes tales sistemas de capas de cavitación también entre varias, o también todas las pilas parciales.

- 15 En otra forma de ejecución del elemento de construcción, los sistemas de capas de cavitación son iguales en su totalidad.

En otra forma de ejecución del elemento de construcción, los sistemas de capas de cavitación se pueden diferenciar solo por los grosores de los materiales empleados.

- 20 En otra forma de ejecución del elemento de construcción, dos o más de los sistemas de capas de cavitación pueden estar constituidos al menos parcialmente por diversos materiales.

En otra forma de ejecución del elemento de construcción, todos los sistemas de capas de cavitación por pares pueden estar constituidos al menos parcialmente por diversos materiales.

En otra forma preferente de ejecución del elemento de construcción, los sistemas de capas de cavitación están constituidos por una capa metálica, a modo de ejemplo, pero sin limitación a Au, Ag, Al, Cr, Ni, Co, Cu, Ti, etc.

- 25 En otra forma de ejecución del elemento de construcción, los sistemas de capas de cavitación están constituidos por dos o más capas metálicas diferentes. En este caso se puede tratar de una combinación por pares, o también una combinación diferente no por pares.

- 30 En otra forma de ejecución del elemento de construcción, los sistemas de capas de cavitación forman un retículo. La dimensión de la estructuración reticular se puede situar preferentemente en el intervalo de mm, en el intervalo de μm , o también en el intervalo de longitud de onda de la luz.

En otra forma de ejecución del elemento de construcción, los sistemas de capas de cavitación forman un retículo metálico, a modo de ejemplo, pero sin limitación a Au, Ag, Al, Cr, Ni, Co, Cu, Ti, etc.).

- 35 En otra forma de ejecución del elemento de construcción, los sistemas de capas de cavitación están constituidos por varas o bandas. El grosor de las varas/bandas, o bien la distancia entre las varas/bandas, se puede situar preferentemente en el intervalo de mm, en el intervalo de μm , o también en el intervalo de longitud de onda de la luz. En el último caso, el sistema de capas de cavitación forma un filtro de polarización lineal.

- 40 En otra forma de ejecución del elemento de construcción, los sistemas de capas de cavitación están constituidos por varas metálicas o bandas metálicas, a modo de ejemplo, pero sin limitación a Au, Ag, Al, Cr, Ni, Co, Cu, etc. Los grosores y distancias de las varas, o bien bandas, se pueden seleccionar en este caso de modo que los sistemas de capas de cavitación formen un filtro de polarización.

En otra forma de ejecución del elemento de construcción, los sistemas de capas de cavitación están constituidos por círculos, triángulos, polígonos, áreas cuadradas, u otras áreas geométricas.

- 45 En otra forma de ejecución del elemento de construcción, los sistemas de capas de cavitación están constituidos por capas metálicas, que forman círculos, triángulos polígonos, áreas cuadradas, u otras áreas metálicas geométricas, a modo de ejemplo, pero sin limitación a Au, Ag, Al, Cr, Ni, Co, Cu, etc.

En otra forma de ejecución del elemento de construcción, los sistemas de capas de cavitación están constituidos por capas metálicas que forman "estructuras tipo plátano". En el caso de las estructuras tipo plátano, ambos extremos agudos están orientados hacia el sistema de capas activo. Es decir, el sobreamiento de campo tiene lugar dentro del sistema de capas activo, lo que es especialmente ventajoso.

- 5 En otra forma de ejecución del elemento de construcción, los sistemas de capas de cavitación están constituidos por estructuras metálicas, estando revestidas las superficies de las estructuras metálicas con un material aislante orgánico o inorgánico, que es preferentemente transparente.

En otra forma de ejecución del elemento de construcción, los sistemas de capas de cavitación están constituidos por un sistema de capas de óxido metálico dopado, parcialmente dopado o no dopado.

- 10 En otra forma de ejecución del elemento de construcción, los sistemas de capas de cavitación están constituidos por una, dos o más capas de óxidos metálicos diferentes, dopadas, parcialmente dopadas o no dopadas (en este caso se puede tratar de una combinación por pares, o también diferente, no por pares).

- 15 En otra forma de ejecución del elemento de construcción, los sistemas de capas de cavitación están constituidos por una capa orgánica dopada, parcialmente dopada o no dopada. En el caso del material orgánico se puede tratar de polímeros, moléculas reducidas, o combinaciones de ambos.

- 20 En el sentido de la presente invención, se entiende por moléculas reducidas moléculas orgánicas no polímeras con pesos moleculares monodispersos entre 100 y 2000, que se presentan en fase sólida bajo presión normal (aire a presión de la atmósfera que nos rodea) y a temperatura ambiente. En especial, estas moléculas reducidas pueden ser también fotoactivas, entendiéndose por fotoactivas que las moléculas modifican su estado de carga bajo incidencia de la luz.

En otra forma de ejecución de la invención, en el caso de los materiales orgánicos empleados se trata de polímeros al menos parcialmente.

- 25 En otra forma de ejecución del elemento de construcción según la invención, los sistemas de capas de cavitación están constituidos por dos o más capas orgánicas diferentes, dopadas, parcialmente dopadas o no dopadas (en este caso se puede tratar de combinaciones por pares, o también diferentes, no por pares). El sistema de capas orgánico puede estar constituido en este caso por capas múltiples, capas mixtas, o combinaciones de ambas.

En otra forma de ejecución del elemento de construcción, los sistemas de capas de cavitación están constituidos por una capa dopada, parcialmente dopada o no dopada, de grafito, nanotubos de carbono o grafenos.

- 30 En otra forma de ejecución del elemento de construcción, los sistemas de capas de cavitación están constituidos por dos o más capas diferentes, dopadas, parcialmente dopadas o no dopadas, de grafito, nanotubos de carbono o grafenos (en este caso se puede tratar de una combinación por pares, o también diferente, no por pares).

En otra forma de ejecución del elemento de construcción, los sistemas de capas de cavitación están constituidos por una combinación de dos o más de los citados materiales.

- 35 En otra forma de ejecución del elemento de construcción, los sistemas de capas de cavitación están constituidos por un material o un sistema de materiales con una constante de dielectricidad elevada.

En otra forma de ejecución del elemento de construcción, los sistemas de capas de cavitación están constituidos por un material o un sistema de materiales, que es un metamaterial.

- 40 Un metamaterial es una estructura obtenida artificialmente, cuya permeabilidad para campos eléctricos y magnéticos (permitividad ϵ_r y permeabilidad μ_r) presentan valores que no se presentan habitualmente en la naturaleza. Son de especial interés metamateriales con índices de refracción reales en el intervalo $-\infty < n < 1$. Estos materiales no absorben la luz, y por lo tanto son especialmente apropiados para empleo como sistema de capas de cavitación según la invención.

- 45 Los metamateriales están constituidos por que presentan en su interior estructuras microscópicas elaboradas especialmente, constituidas por materiales de acción eléctrica o magnética, que son responsables de las propiedades especiales del material.

La propiedad especial de metamateriales consiste en que las correspondientes constantes de material ϵ_r y μ_r pueden adoptar valores negativos. Desde el punto de vista de la teoría de campo, esto significa que el campo de densidad de flujo eléctrica (campo D) y la intensidad de campo eléctrica (campo E), así como el campo de densidad

de flujo magnética (campo B) y el campo de intensidad de campo magnética (campo H), presentan orientación opuesta entre sí.

5 En el caso de procesos básicos en metamateriales se trata habitualmente de efectos de resonancia en disposiciones periódicas de elementos conductores. De manera simplificada, el material está constituido por un gran número de circuitos de oscilación eléctricos dispuestos en serie, con elementos de construcción capacitivos e inductivos diminutos. Las capacidades se obtienen mediante elementos conductores metálicos opuestos, mientras que los elementos inductivos son los propios elementos conductores. A modo de ejemplo, en este caso se trata de nanoestructuras, casi siempre constituidas por oro o plata, que están alojadas en vidrio, y son mucho menores que la longitud de onda de la luz.

10 Como es habitual en fenómenos de resonancia, los efectos deseados se presentan solo en un intervalo de frecuencias muy limitados en el caso de metamateriales. El intervalo de frecuencias de una estructura resonante se puede aumentar en principio mediante tratamiento con vapor. No obstante, el tratamiento con vapor conduce simultáneamente a un aumento del rendimiento de pérdida no deseado.

15 En otra forma de ejecución del elemento de construcción, los sistemas de capas de cavitación pueden ser también combinaciones de los materiales, o bien estructuras, citados anteriormente (retículo, varas, bandas, formas geométricas).

Otra forma de ejecución del elemento de construcción contiene, además de al menos un sistema de capas de cavitación, uno o dos electrodos transparentes o parcialmente transparentes.

20 Otra forma de ejecución del elemento de construcción contiene al menos un sistema de capas de cavitación, y el elemento de construcción es semitransparente.

En otra forma de ejecución del elemento de construcción, los sistemas de capas de cavitación pueden estar incorporados en una pila aislada pin, pila tándem pin o pila múltiple pin (o bien pila aislada nip, pila tándem nip, pila múltiple nip). En este caso, los sistemas de capas de cavitación pueden ser, por ejemplo, semitransparentes y/o dependientes de la longitud de onda y/o sensibles a la polarización.

25 En otra forma de ejecución del elemento de construcción, los sistemas de capas de cavitación están constituidos por materiales quirales. Materiales quirales son materiales que modifican el plano de polarización de la luz. Generalmente, un objeto es quiral si no posee eje especular de rotación.

30 En otra forma de ejecución del elemento de construcción, los sistemas de capas de cavitación están constituidos por materiales fluorescentes o fosforescentes. El sistema de capas de cavitación es fluorescente en un intervalo de longitudes de onda mayor en comparación con su absorción (desplazamiento de Stokes), es decir, la distribución de la intensidad del espectro solar se puede modificar dentro del elemento de construcción, así como el vector de luz, ya que la fluorescencia y la fosforescencia se produce en todas las direcciones espaciales (fig. 1).

Son ejemplos de materiales orgánicos fluorescentes y fosforescentes los siguientes:

1) emisor azul:

- 35 - Balq bis-(2-metil-8-quinolinolato)-4-(fenil-fenolato)-aluminio (III)
- DPVBi 4,4-bis(2,2-difenilo-eten-1-il)-bifenilo
- Espiro-DPVBi 2,2',7,7'-tetraquis(2,2-difenilovinil)espiro-9,9'-bifluorene
- Espiro-antraceno 9,10-bis(9,9'-spirobi[9H-fluoren]-2-il)antraceno
- DBzA 9,10-bis[4-(6-metilbenzotiazol-2-il)fenilo]antraceno
- 40 - DSA-Ph 1,4-di-[4-(N,N-di-fenilo)amino]estiril-benceno
- BCzVB 1,4-bis[2-(3-N-etilcarbazoril)vinil]benceno

2) emisor verde:

- Alq3 tris (8-hidroxi-quinolinato)-aluminio

- C545T 2,3,6,7-tetrahidro-1,1,7,7,-tetrametil- 1H,5H,11H-10-(2- benzotiazolil) quinolizino-[9,9a,1gh]cumarina
- TPPA 9,10-bis[N,N-di-(p-tolil)-amino]antraceno
- DMQA N,N'-dimetil-quinacridona

Ir(ppy)₃ fac tris(2-fenilpiridina) iridio

5 (als dopaje en TCTA 4,4',4"-tris(N-carbazolil)-trifenilamina)

3) emisor rojo:

- Rubreno (5,6,11,12)-tetrafenilnaftaceno
- DCM (E)-2-(2-(4-(dimetilamino)estiril)-6-metil-4H-piran-4-iliden)malononitrilo
- DCM2 4-(dicianometilen)-2-metil-6-julolidil-9-enil-4H-pirano

10 - DCJT 4-(dicianometilen)-2-metil-6-(1,1,7,7-tetrametiljulolidil-9-enil)-4H-pirano

- DCJTb 4-(dicianometilen)-2-terc-butyl- 6-(1,1,7, 7-tetrametiljulolidin-4-il-vinil)- 4H-pirano

Ir(piq)₃ tris(1-fenilisoquinolin)iridio

Ir(MDQ)₂(acac) iridio(III)bis(2-metildibenzo-[f,h]quinoxalin)(acetilacetionato)

(ambos como dopaje en alfa-NPB)

15 En una forma ventajosa de ejecución de la invención, las capas fotoactivas del elemento de construcción absorben la mayor cantidad posible de luz. A tal efecto se amplía en lo posible el intervalo espectral en el que el elemento de construcción absorbe luz.

20 El problema de pilas solares orgánicas consiste casi siempre en que, por motivos eléctricos (solo de manera limitada buen transporte para los soportes de carga), la(s) capa(s) i se puede(n) hacer solo muy delgadas. Esto tiene por consecuencia que solo una parte de la luz se absorbe en el elemento de construcción. Además, las bandas de absorción de materiales orgánicos presentan una amplitud limitada, y tienen típicamente una anchura espectral de aproximadamente 200 nm para la mayor parte de materiales eficientes empleados en pilas solares. Esto tiene por consecuencia que ambos materiales, que forman la transición fotoactiva (capa doble o capa mixta) pueden cubrir solo una zona espectral de aproximadamente 400 nm. No obstante, una pila solar con un grado de acción muy
25 elevado debe disponer de una absorción muy elevada a lo largo de la zona espectral completa, de aproximadamente 350 nm a aproximadamente 1000 nm.

30 En un acondicionamiento ventajoso de la anterior forma de ejecución de la invención, el sistema de capas i del elemento de construcción fotoactivo está constituido al menos por dos capas mixtas, que son contiguas directamente, y al menos uno de ambos materiales principales de una capa mixta es un material orgánico diferente a ambos materiales principales de otra capa mixta. Cada capa mixta está constituida por al menos dos materiales principales, formando éstos un sistema donador-aceptor fotoactivo. El sistema donador-aceptor se distingue por que es válido al menos para la fotoexcitación del componente donador, por que los excitones formados se separan en la interfase con el aceptor preferentemente en un hueco sobre el donador y un electron sobre el aceptor. Se caracteriza como material principal un material cuya fracción volumétrica o másica en la capa es mayor que un 16 %.
35 Otros materiales pueden estar presentes por causas técnicas, o bien para el ajuste de propiedades de capa. Ya en el caso de una capa mixta doble, el elemento de construcción contiene tres, o bien cuatro materiales absorbentes diferentes, puede cubrir con ello un intervalo espectral de aproximadamente 600 nm, o bien aproximadamente 800 nm, y cumplir, por consiguiente, la tarea planteada.

40 En otra ejecución de la invención, la capa mixta doble se puede utilizar también para conseguir claramente fotocorrientes más elevadas para un determinado intervalo espectral, al mezclarse materiales que absorben preferentemente en el mismo intervalo espectral. Esto se puede utilizar a continuación para conseguir una adaptación de corriente entre las diversas pilas parciales en una pila solar tándem o una pila solar múltiple. Por consiguiente, además del empleo de la capa de cavitación, se da una posibilidad adicional de ajuste de las corrientes de pilas aisladas.

45 En otra forma de ejecución de la invención, para la mejora de las propiedades de transporte de soportes de carga de

las capas mixtas, las proporciones de mezcla pueden ser iguales, o también diferentes, en las diversas capas mixtas.

En otra forma de ejecución de la invención, las capas mixtas están constituidas preferentemente por dos materiales principales en cada caso.

- 5 En otra forma de ejecución de la invención, en las capas mixtas aisladas puede estar presente un gradiente de proporción de mezcla.

10 En un acondicionamiento ventajoso de la invención, el elemento de construcción fotoactivo está realizado como pilas tándem, y mediante el empleo de capas mixtas dobles, o bien múltiples, existe la ventaja adicional de que el ajuste de corriente (current matching) entre las pilas parciales se puede optimizar mediante la selección de materiales absorbentes en las capas de mezcla, y con ello se puede aumentar adicionalmente el grado de acción.

En otra forma de ejecución de la invención, los materiales aislados pueden estar posicionados en este caso en diferentes máximos de distribución de luz de las longitudes de onda características que absorbe este material. A modo de ejemplo, un material en una capa mixta se puede situar en el 2º máximo de su longitud de onda característica, y el otro material se puede situar en el 3º máximo.

- 15 En otra forma de ejecución de la invención, el elemento de construcción fotoactivo, en especial una pila solar orgánica, está constituida por un electrodo y un contraelectrodo, y entre los electrodos al menos dos capas mixtas orgánicas fotoactivas, estando constituidas las capas mixtas esencialmente por dos materiales en cada caso, y formando ambos materiales principales respectivamente de una capa mixta un sistema donador-aceptor, siendo directamente adyacentes ambas capas mixtas, y siendo al menos uno de ambos materiales principales de una capa mixta un material orgánico diferente a ambos materiales orgánicos de otra capa mixta.
- 20

En un perfeccionamiento de la forma de ejecución descrita anteriormente, algunos o todos los materiales principales de las capas mixtas son diferentes entre sí.

En otra forma de ejecución de la invención se trata de tres o más capas mixtas, que están dispuestas entre los electrodos y contraelectrodos.

- 25 En otra forma de ejecución de la invención, adicionalmente a las citadas capas mixtas están presentes otras capas aisladas o mixtas fotoactivas.

En otra forma de ejecución de la invención, entre el sistema de capas mixtas y un electrodo está presente otra capa orgánica.

- 30 En otra forma de ejecución de la invención, entre el sistema de capas mixtas y el contraelectrodo está presente al menos otra capa orgánica.

En otra forma de ejecución de de la invención, una o varias de las capas orgánicas adicionales son capas wide-gap dopadas, situándose el máximo de absorción en < 450nm.

En otra forma de ejecución de la invención, al menos dos materiales principales de las capas mixtas presentan diversos espectros de absorción ópticos.

- 35 En otra forma de ejecución de la invención, los materiales principales de las capas mixtas presentan diversos espectros de absorción ópticos, que se complementan recíprocamente para cubrir un intervalo espectral lo más amplio posible.

En otra forma de ejecución de la invención, el intervalo de absorción de al menos uno de los materiales principales de las capas mixtas se extiende en la zona de infrarrojo.

- 40 En otra forma de ejecución de la invención, el intervalo de absorción de al menos uno de los materiales principales de las capas mixtas se extiende en la zona de infrarrojo, en el intervalo de longitudes de onda de >700 nm a 1500 nm.

- 45 En otra forma de ejecución de la invención, los niveles HOMO y LUMO de los materiales principales están adaptados de modo que el sistema posibilita una tensión en vacío máxima, una corriente de cortocircuito máxima y un factor de carga máximo.

En otra forma de ejecución de la invención, en el caso de los materiales orgánicos empleados para las capas mixtas

se trata de moléculas reducidas.

En otra forma de ejecución de la invención, en el caso de los materiales orgánicos empleados para las capas mixtas se trata de polímeros al menos parcialmente.

5 En otra forma de ejecución de la invención, al menos una de las capas mixtas fotoactivas contiene como aceptor un material del grupo de fulerenos, o bien derivados de fullereno (C60, C70, etc.).

En otra forma de ejecución de la invención, todas las capas mixtas fotoactivas contienen como aceptor un material del grupo de fulerenos, o bien derivados de fullereno (C60, C70, etc.).

10 En otra forma de ejecución de la invención, al menos una de las capas mixtas fotoactivas contiene como donador un material de la clase de ftalocianinas, derivados de perileno, derivados de TPD, oligotiofenos, o un material como se describe en el documento WO2006092134.

En otra forma de ejecución de la invención, al menos una de las capas mixtas fotoactivas contiene como aceptor el material fullereno C60, y como donador el material 4P-TPD.

En otra forma de ejecución de la invención, los contactos están constituidos por metal, un óxido conductor, en especial ITO, ZnO:Al u otros TCOs, o un polímero conductor, en especial PEDOT:PSS o PANI.

15 En el sentido de la invención también son posibles pilas solares de polímero, que contienen dos o más capas mixtas fotoactivas, siendo directamente adyacentes las capas mixtas. No obstante, en el caso de pilas solares de polímero existe el problema de que los materiales se aplican a partir de disolución, y por consiguiente otra capa aplicada conduce muy fácilmente a que las capas situadas por debajo se desprendan, se disuelvan, o se modifiquen en su morfología. Por lo tanto, en el caso de pilas solares de polímero se pueden obtener capas mixtas múltiples solo de
20 manera muy limitada, y también solo al emplearse diferentes sistemas de material y disolvente, que no ejercen o ejercen apenas influencia entre sí. Pilas solares constituidas por moléculas reducidas tienen en este caso una ventaja muy clara, ya que mediante el proceso de vaporización en vacío se puede apilar cualquier sistema y capa y, por consiguiente, la ventaja de la estructura de capas mixtas múltiples se puede utilizar muy ampliamente, y realizar con cualquier combinación de materiales. Además, la incorporación de capas mixtas múltiples en estructuras pin (o nip) con dopaje n y p controlado es muy ventajosa. En el sentido de la presente invención, se entiende por
25 moléculas reducidas moléculas no polímeras orgánicas, fotoactivas.

En sistemas de capas mixtas múltiples se presentan problemas de transporte para los soportes de carga de manera acrecentada. Este transporte se facilita claramente mediante el campo incorporado de la estructura pin. Además, las
30 capas mixtas múltiples dentro de una estructura pin se pueden desplazar con capas de transporte wide-gap, para conseguir una absorción máxima. A tal efecto, también puede ser muy ventajoso cambiar la estructura pin a una estructura nip. Especialmente si los diversos materiales en las capas mixtas múltiples absorben en diferentes intervalos de longitud de onda, mediante una selección apropiada de la estructura (pin o nip), o bien una selección apropiada de los grosores de capa de las capas de transporte, los diversos materiales se pueden posicionar respectivamente en la posición óptima respecto a la distribución de intensidad de la luz dentro del elemento de
35 construcción. Especialmente en pilas tándem, esta optimización es muy importante para conseguir una compensación de fotocorrientes de pilas aisladas, y por consiguiente un grado de acción máximo.

En materiales orgánicos no polímeros, las denominadas moléculas reducidas, la temperatura de vaporización en vacío depende estrechamente de las interacciones intermoleculares. Si estas interacciones son muy pronunciadas, esto conduce a una temperatura de vaporización elevada.

40 En el sentido de la invención, bajo el concepto de temperatura de vaporización se entiende aquella temperatura que se requiere para conseguir una velocidad de vaporización de 0,1 nm/s en la posición del sustrato con una geometría de evaporador dada (referencia: fuente con un orificio circular (1 cm de diámetro) a una distancia de 30 cm y un sustrato superpuesto perpendicularmente), y un vacío en el intervalo de 10^{-4} a 10^{-10} mbar. En este caso es imprescindible si se trata de una vaporización en sentido estricto (transición de la fase líquida a la fase gaseosa), o
45 de una sublimación.

Por lo tanto, en el caso de formación de capa mediante vaporización se producen preferentemente aquellas estructuras en las que se maximizan las interacciones intermoleculares dentro de la capa, de modo que en la superficie de la capa se evitan las interfases que entran en fuertes interacciones.

50 En el caso de capas mixtas, esto conduce a que sedimente en la superficie preferentemente el componente que presenta fuerzas de interacción relativamente débiles, es decir, este componente "flota" en cierto alcance en la formación de capa. Materiales con interacción relativamente débil entre las moléculas se distinguen normalmente por un bajo punto de fusión (por ejemplo < 100°C), o una baja temperatura de transición vítrea (por ejemplo < 150°C).

Si en el caso del “componente de interacción más débil” se trata del componente donador de la capa mixta – en especial en el caso de crecimiento sobre sustrato calentado, o en el caso de temperado posterior –, existe la tendencia a producirse una capa muy delgada (es decir, al menos una monocapa) en la superficie, que está constituida casi exclusivamente por el material donador. Esta disgregación, o bien esta “flotación” se puede producir, o bien favorecer también mediante otros procesos, como por ejemplo tratamiento con disolvente (durante la obtención de la capa o posteriormente) o mediante el método de precipitación de una capa por medio de precipitación en fase gaseosa orgánica (Organic Vapour Phase Deposition (OVPD)). La monocapa “que flota en la superficie” del componente donador presenta, por consiguiente, peores propiedades de transporte de electrones, e impide el transporte de electrones fotogenerados en una estructura pin. Por el contrario, un transporte de huecos fotogenerados en este sentido es posible sin problema, ya que en el caso del componente donador se trata ciertamente de un material que transporta preferentemente huecos.

El problema descrito anteriormente se presenta de modo preferente si el material donador tiene una temperatura de vaporización en vacío que se sitúa al menos 150°C por debajo de la temperatura de vaporización del material aceptor. No obstante, es absolutamente posible que ya a una diferencia de vaporización de 100°C o menor tenga lugar una “flotación”.

Las pilas solares orgánicas, descritas en la bibliografía, a partir de deposición en vacío de moléculas orgánicas no polímeras, las denominadas moléculas reducidas, están constituidas, excepto algunas excepciones (Drechsel, *Org. Electron.*, 5, 175 (2004); J. Drechsel, *Synthet. Metal.*, 127, 201-205 (2002)), de modo que el denominado contacto básico, sobre el que se precipitan las capas orgánicas, forma el ánodo (si la estructura comprende exclusivamente capa conductora de huecos o p-dopada, ésta limita con el contacto básico). En el caso del ánodo se trata generalmente de un óxido transparente (frecuentemente óxido de indio-estaño, abreviado ITO; no obstante, también se puede tratar de ZnO:Al), aunque también puede ser una mezcla metálica o una capa constituida por un polímero conductor. Tras precipitación del sistema de capas orgánico, que comprende la capa mixta fotoactiva, se precipita un cátodo – en la mayor parte de los casos metálico –.

Esta estructura tiene por consecuencia que los huecos formados en la capa mixta fotoactiva se deben evacuar hacia el sustrato (ánodo), mientras que los electrones fotogenerados se deben mover del sustrato en dirección al cátodo. No obstante, como se describe anteriormente, esto es problemático si se llega a una “flotación” del componente donador en la precipitación o tratamiento subsiguiente de la capa mixta.

Este problema se agrava tanto más cuanto más cerca del equilibrio térmico tiene lugar el crecimiento de la capa mixta. Por lo tanto, la ventaja de un orden mejorado en el volumen en el caso de crecimiento más próximo al equilibrio (nanokristalline statt amorphe Struktur, vgl. M. Hiramoto et al., *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, 2006, 444, pp. 33-40; M. Rusu et al., *Thin Solid Film*, 2008, 516, pp. 7160-7166) se frustra debido a un problema creciente en la interfase.

En otra forma de ejecución, en el caso de una combinación donador-aceptor, en la que tiene lugar al menos una “flotación” parcial del material donador en la capa mixta, se emplea un orden de capas invertido, teniendo lugar la precipitación en el cátodo (lado n abajo, por ejemplo estructura n-i-p), y los electrones fotogenerados deben abandonar la capa mixta en dirección al sustrato, y los electrones fotogenerados en sentido del contraelectrodo, siendo ambos posibles sin problema. De este modo se consigue por una parte un orden conveniente en la capa mixta, y simultáneamente no se presentan problemas de transporte en la interfase de la capa mixta.

Para la estructura invertida descrita anteriormente (estructura n-i-p, i-p o n-i) puede ser que en el elemento de construcción se presenten problemas de contacto en el electrodo que se encuentra sobre el sustrato y/o el contraelectrodo: normalmente, en la estructura p-i-n clásica, el electrodo que se encuentra sobre el sustrato tiene un contacto con la capa p, y el contraelectrodo tiene un contacto con la capa n. Estos contactos funcionan muy bien, o bien los sistemas de contacto y materiales de contacto se han optimizado entre tanto, de modo que en este caso no se producen pérdidas. Como posible solución para la estructura invertida, ambos sistemas de contacto nuevos electrodo/capa n y capa p/contraelectrodo se optimizan ahora nuevamente (por ejemplo mediante selección apropiada de materiales, o bien condiciones de obtención apropiadas). Otra posibilidad de solución consiste en incorporar en los electrodos un contacto de conversión (pn o np), de modo que se obtiene a su vez los viejos sistemas de contacto electrodo/capa p y capa n/contraelectrodo. Posibles estructuras a tal efecto son, por ejemplo, pnip, nipn o pnipn.

Otra forma de ejecución del elemento de construcción según la invención consiste en que, entre la primera capa conductora de electrones (capa n) y el electrodo que se encuentra sobre el sustrato, está presente aún una capa p-dopada, de modo que se trata de una estructura pnip o pni, seleccionándose el dopaje preferentemente tan elevado que el contacto pn directo no tiene una acción de bloqueo, sino que se llega a recombinación pobre en pérdidas, preferentemente a través de un proceso de túnel.

En otra forma de ejecución de la invención, en el elemento de construcción entre la capa i fotoactiva y el electrodo que se encuentra sobre el sustrato puede estar presente aún una capa p-dopada, de modo que se trata de una

estructura pip o pi, teniendo la capa p-dopada adicional una posición de nivel de Fermi que se sitúa a lo sumo 0,4 eV, pero preferentemente menos de 0,3 eV por debajo del nivel de transporte de electrones de la capa i, de modo que se puede llegar a extracción de electrones pobre en pérdida de la capa i a esta capa p.

5 Otra forma de ejecución del elemento de construcción según la invención consiste en que está presente aún un sistema de capas p entre la capa p-dopada y el contraelectrodo, de modo que se trata de una estructura nipn o ipn, seleccionándose preferentemente el dopaje tan elevado que el contacto pn directo no tiene una acción de bloqueo, sino que se llega a recombinación pobre en pérdidas, preferentemente a través de un proceso de túnel.

10 En otra forma de ejecución, en el elemento de construcción puede estar presente aún un sistema de capas n entre la capa intrínseca, fotoactiva, y el contraelectrodo, de modo que se trata de una estructura nin o in, teniendo la capa n-dopada adicional una posición de nivel de Fermi que se sitúa a lo sumo 0,4 eV, pero preferentemente menos de 0,3 eV por encima del nivel de transporte de huecos de la capa i, de modo que se puede llegar a extracción de huecos pobre en pérdidas de la capa i a esta capa n.

15 Otra forma de ejecución del elemento de construcción según la invención consiste en que el elemento de construcción contiene un sistema de capas n y/o un sistema de capas p, de modo que se trata de una estructura pnipn, pnin, pipn- o p-i-n-Struktur, que se distinguen en todos los casos por que – independientemente del tipo de conducción – la capa limitante con la capa i fotoactiva del lado del sustrato tiene un trabajo de salida térmico menor que la capa limitante con la capa i opuesta al sustrato, de modo que se transportan electrones fotogenerados preferentemente hacia el sustrato si no se aplica una tensión externa en el elemento de construcción.

20 En otra forma de ejecución de la invención se conectan en serie varios contactos de conversión, de modo que se trata de una estructura npnnp, pnipnp, npnipnp, pnpnipnpn o pnpnipnpnpn.

25 En un perfeccionamiento preferente de las estructuras descritas anteriormente, éstas son realizadas como pila solar tándem o pila solar múltiple. De este modo, en el caso del elemento de construcción se puede tratar de una pila tándem constituida por una combinación de estructuras nip, ni, ip, pnip, pni, pip, nipn, nin, ipn, pnipn, pnin o pipn, en la que varias combinaciones independientes, que contienen al menos una capa i, están apiladas (combinaciones cruzadas).

En una forma especialmente preferente de ejecución de las estructuras descritas anteriormente, ésta es realizada como una pila tándem pnipnipn.

30 En tales pilas de apilamiento es especialmente importante el balance de corrientes generadas en las pilas aisladas, es decir, el número de fotones absorbidos y transformados en soportes de carga. Si, por ejemplo, en una pila tándem pinpin con dos sistemas absorbentes diferentes en una capa mixta se presentara el problema de “flotación” descrito anteriormente, esta capa mixta generara, por lo tanto, menor corriente, o bien dispusiera de un peor factor de carga, y de este modo se redujera la pila solar tándem en sus propiedades (la pila parcial más débil limita el elemento de construcción en su totalidad con su corriente generada menor, o bien con su peor factor de carga (FF), es decir, tampoco la otra pila parcial puede agotar ya su potencial), el problema se soluciona según la invención al cambiarse a una estructura nipnip invertida, o a otra de las estructuras descritas anteriormente.

En otra forma de ejecución, el material aceptor en la capa mixta se presenta en forma cristalina al menos parcialmente.

En otra forma de ejecución, el material donador en la capa mixta se presenta en forma cristalina al menos parcialmente.

40 En otra forma de ejecución, tanto el material aceptor, como también el material donador en la capa mixta se presentan en forma cristalina al menos parcialmente.

En otra forma de ejecución, el material aceptor dispone de un máximo de absorción en el intervalo de longitudes de onda > 450nm.

45 En otra forma de ejecución, el material donador dispone de un máximo de absorción en el intervalo de longitudes de onda > 450nm.

En otra forma de ejecución, el sistema de capas i fotoactivo contiene, adicionalmente a la capa mixta citada, otras capas aisladas o mixtas fotoactivas.

En otra forma de ejecución, el sistema de material n está constituido por una o varias capas.

En otra forma de ejecución, el sistema de material p está constituido por una o varias capas.

En otra forma de ejecución, el sistema de material n contiene una o varias capas wide-gap dopadas. El concepto capas wide-gap define en este caso capas con un máximo de absorción en el intervalo de longitudes de onda < 450 nm.

- 5 En otra forma de ejecución, el sistema de material p contiene una o varias capas wide-gap dopadas.

En otra forma de ejecución, el elemento de construcción contiene una capa p-dopada entre la primera capa conductora de electrones (capa n) y el electrodo que se encuentra sobre el sustrato, de modo que se trata de una estructura pnip o pni.

- 10 En otra forma de ejecución, el elemento de construcción contiene una capa p-dopada entre la capa i fotoactiva y el electrodo que se encuentra sobre el sustrato, de modo que se trata de una estructura pip o pi, teniendo la capa p-dopada adicional una posición de nivel de Fermi que se sitúa a lo sumo 0,4 eV, pero preferentemente menos de 0,3 eV por debajo del nivel de transporte de electrones de la capa i.

En otra forma de ejecución, el elemento de construcción contiene un sistema de capas n entre la capa p-dopada y el contraelectrodo, de modo que se trata de una estructura nipn o ipn.

- 15 En otra forma de ejecución, el elemento de construcción contiene un sistema de capas n entre la capa i fotoactiva y el contraelectrodo, de modo que se trata de una estructura nin o in, teniendo la capa n-dopada adicional una posición de nivel de Fermi que se sitúa a lo sumo 0,4 eV, pero preferentemente menos de 0,3 eV por encima del nivel de transporte de huecos de la capa i.

- 20 En otra forma de ejecución, el elemento de construcción contiene un sistema de capas n y/o un sistema de capas p, de modo que se trata de una estructura pnipn, pnin, pipn- o p-i-n.

En otra forma de ejecución, el sistema de material p adicional y/o el sistema de material n adicional contiene una o varias capas wide-gap dopadas.

En otra forma de ejecución, el elemento de construcción contiene otros sistemas de capas n y/o sistemas de capas p, de modo que se trata, por ejemplo, de una estructura npnnp, pnipnp, npnnpn, pnpnnpn o pnpnpnnpn.

- 25 En otra forma de ejecución, uno o varios sistemas de material p adicionales y/o los sistemas de material n adicionales contienen una o varias capas wide-gap dopadas.

En otra forma de ejecución, en el caso del elemento de construcción se trata de una pila tándem constituida por una combinación de estructuras aus nip, ni, ip, pnip, pni, pip, nipn, nin, ipn, pnipn, pnin o pipn.

- 30 En otra forma de ejecución, en el caso de los materiales orgánicos se trata de moléculas reducidas. En el sentido de la invención, bajo el concepto moléculas reducidas se entiende monómeros que se vaporizan, y de este modo se pueden precipitar sobre el sustrato.

En otra forma de ejecución, en el caso de los materiales orgánicos se trata al menos parcialmente de polímeros, pero estando formada por moléculas reducidas al menos una capa i fotoactiva.

- 35 En otra forma de ejecución, el material aceptor es un material del grupo de fulerenos, o bien derivados de fullereno (preferentemente C60 o C70) o un derivado de PTCDI (derivado de perilen-3,4,9-10-bis(dicarboximida)).

En otra forma de ejecución, el material donador es un oligómero, en especial un oligómero según el documento WO2006092134, un derivado de porfirina, un derivado de pentaceno o un derivado de perileno, como DIP (di-indeno-perileno), DBP (di-benzoperileno).

- 40 En otra forma de ejecución, el sistema de material p contiene un derivado de TPD (dímero de trifenilamina), un espiro-compuesto, como espiroxano, espiroxazina, MeO-TPD (N,N,N',N'-tetraquis(4-metoxifenil)-benzidina), Di-NPB (N,N'-difetil-N,N'-bis(N,N'-di(1-naftil)-N,N'-difetil-(1,1'-bifenil) 4,4'-diamina), MTDATA (4,4',4"-tris-(N-3-metilfenil-N-fenil-amina)-trifenilamina), TNATA (4,4',4"-tris[N-(1-naftil)-N-fenil-amino]-trifenilamina), BPAPF (9,9-bis[4-[di-(p-bifenil)aminofenil]]fluoreno), NPAPF (9,9-bis[4-(N,N'-bis-naftalen-2-il-amino)fenil]-9H-fluoreno), espiro-TAD (2,2',7,7'-tetrakis-(difetilamino)-9,9'-espirobifluoreno), PV-TPD (N,N-di-4-2,2-difenil-eten-1-il-fenil-N,N-di-4-metilfenilfenilbenzidina), 4P-TPD (4,4'-bis-(N,N-difenilamino)-tetrafenilo), o un material p descrito en el documento DE102004014046.

- En otra forma de ejecución, el sistema de material n contiene fulerenos, como por ejemplo C60, C70; NTCDA (dianhídrido 1,4,5,8-naftaleno-tetracarboxílico), NTCDI (diimida naftaleno-tetracarboxílica) o PTCDI (perilen-3,4,9,10-bis(dicarboximida)).
- 5 En otra forma de ejecución, el sistema de material p contiene una sustancia de dopaje p, siendo esta sustancia de dopaje p F4-TCNQ, una sustancia de dopaje p como se describe en los documentos DE10338406, DE10347856, DE10357044, DE102004010954, DE102006053320, DE102006054524 y DE102008051737, o un óxido de metal de transición (VO, WO, MoO, etc.).
- 10 En otra forma de ejecución, el sistema de material n contiene una sustancia de dopaje n, siendo esta sustancia de dopaje un derivado de TTF (derivado de tetratiafulvaleno) o derivado de DTT (ditienotiofeno), una sustancia de dopaje n como se describe en los documentos DE10338406, DE10347856, DE10357044, DE102004010954, DE102006053320, DE102006054524 y DE102008051737, o Cs, Li o Mg.
- En otra forma de ejecución un electrodo es transparente, con una transmisión > 80 % y el otro electrodo es reflectante, con una reflexión > 50 %.
- En otra forma de ejecución, el elemento de construcción es semitransparente, con una transmisión de 10-80 %.
- 15 En otra forma de ejecución, los electrodos están constituidos por un metal (por ejemplo Al, Ag, Au o una combinación de los mismos) un óxido conductor, en especial ITO, ZnO:Al u otro TCO (Transparent Conductive Oxide), un polímero conductor, en especial PEDOT/PSS poli(3,4-etilendioxitiofeno)poli(estirenosulfonato) o PANI (polianilina), o por una combinación de estos materiales.
- 20 En otra forma de ejecución, los materiales orgánicos empleados presentan un punto de fusión reducido, preferentemente < 100°C.
- En otra forma de ejecución, los materiales orgánicos empleados presentan una temperatura de transición vítrea reducida, preferentemente < 150°C.
- En otra forma de ejecución de la invención, mediante empleo de trampas de luz se aumenta la vía óptica de la luz incidente en el sistema activo.
- 25 En otra forma de ejecución de la invención, el elemento de construcción es realizado como pila solar pin orgánica, o bien pila solar tándem pin orgánica. En este caso se denomina pila tándem solar una pila solar que está constituida por un lote vertical de dos pilas solares conectadas en serie.
- 30 En otra forma de ejecución, la trampa de luz se realiza al montarse el elemento de construcción sobre un sustrato microestructurado periódicamente, y al garantizarse la función homogénea del elemento de construcción, es decir, un contacto sin cortocircuito y una distribución homogénea de campo eléctrico a través del área total, mediante el empleo de una capa wide-gap dopada. Elementos de construcción ultrafinos presentan un peligro elevado de formación de cortocircuitos locales sobre sustratos estructurados, de modo que mediante tal inhomogeneidad evidente se pone en peligro en último término la funcionalidad del elemento de construcción total. Este peligro de cortocircuito se reduce mediante el empleo de las capas de transporte dopadas.
- 35 En otra forma de ejecución de la invención, la trampa de luz se realiza al montarse el elemento de construcción sobre un sustrato microestructurado periódicamente, y al garantizarse la función homogénea del elemento de construcción, su contacto sin cortocircuito y una distribución homogénea de campo eléctrico a través del área total, mediante el empleo de una capa wide-gap dopada. En este caso es especialmente ventajoso que la luz pase al menos dos veces por la capa absorbente, lo que puede conducir a una absorción de la luz elevada y de este modo a un grado de acción de la pila solar mejorado. Esto se puede conseguir, a modo de ejemplo (fig. 2) al presentar el sustrato estructuras piramidales sobre la superficie, con alturas (h) y anchuras (d) respectivamente en el intervalo de uno a varios cientos de micrómetros. Altura y anchura se pueden seleccionar iguales o diferentes. Del mismo modo, las pirámides pueden ser estructuradas simétrica o asimétricamente.
- 40 En otra forma de ejecución de la invención, la trampa de luz se realiza al tener una capa wide-gap dopada una interfase lisa respecto a la capa i, y una interfase rugosa respecto al contacto reflectante. La interfase rugosa se puede conseguir, a modo de ejemplo, mediante una microestructuración periódica. La interfase rugosa es especialmente ventajosa si la luz se refleja de manera difusa, lo que conduce a una prolongación de la vía lumínica dentro de la capa fotoactiva.
- 45 En otra forma de ejecución de la invención, la trampa de luz se realiza al tener una capa wide-gap dopada una interfase lisa respecto a la capa i, y una interfase rugosa respecto al contacto reflectante. La interfase rugosa se puede conseguir, a modo de ejemplo, mediante una microestructuración periódica. La interfase rugosa es especialmente ventajosa si la luz se refleja de manera difusa, lo que conduce a una prolongación de la vía lumínica dentro de la capa fotoactiva.
- 50 En otra forma de ejecución, la trampa de luz se realiza al montarse el elemento de construcción sobre un sustrato microestructurado periódicamente, y al tener una capa wide-gap dopada una interfase lisa respecto a la capa i y una

interfase rugosa respecto al contacto reflectante.

En otra forma de ejecución de la invención, la estructura total está provista de contacto básico y cubriente transparente.

5 En otra forma de ejecución, los elementos de construcción fotoactivos según la invención se emplean sobre superficies curvadas, como por ejemplo hormigón, tejas, arcilla, luna de automóvil, etc. En este caso es ventajoso que las pilas solares orgánicas según la invención se puedan aplicar sobre soportes flexibles, como láminas, materiales textiles, etc., frente a pilas solares inorgánicas convencionales.

10 En otra forma de ejecución, los elementos de construcción fotoactivos según la invención se aplican sobre una lámina o material textil, que presenta un agente adhesivo, como por ejemplo un pegamento, en el lado opuesto al sistema de capas orgánico según la invención. De este modo es posible obtener una lámina adhesiva solar que, según demanda, se puede disponer sobre cualquier superficie. De este modo se puede generar una pila solar autoadhesiva.

En otra forma de ejecución, los elementos de construcción fotoactivos según la invención presentan otro agente adhesivo en forma de una unión tipo velcro.

15 En otra forma de ejecución, los elementos de construcción fotoactivos según la invención se emplean en combinación con tampón de energía, o bien medio de almacenaje de energía, como por ejemplo acumuladores, condensadores, etc., para la conexión a consumidores, o bien aparatos.

En otra forma de ejecución, los elementos de construcción fotoactivos según la invención se emplean en combinación con baterías de película delgada.

20 En otra forma de ejecución, los elementos de construcción fotoactivos según la invención se emplean en superficies curvadas, como por ejemplo hormigón, tejas, arcilla, luna de automóvil, etc. En este caso es ventajoso que las pilas solares orgánicas según la invención se puedan aplicar sobre soportes flexibles, como láminas, materiales textiles, etc., frente a pilas solares inorgánicas convencionales.

25 En otra forma de ejecución, los elementos de construcción fotoactivos según la invención se aplican sobre una lámina o material textil, que presenta un agente adhesivo, como por ejemplo un pegamento, en el lado opuesto al sistema de capas orgánico según la invención. De este modo es posible obtener una lámina adhesiva solar que, según demanda, se puede disponer sobre cualquier superficie. De este modo se puede generar una pila solar autoadhesiva.

30 En otra forma de ejecución, las pilas solares orgánicas según la invención presentan otro agente adhesivo en forma de una unión tipo velcro.

A continuación se debe explicar la invención detenidamente por medio de algunos ejemplos de ejecución y figuras. Muestran en

35 la figura 1 una representación esquemática de la distribución de intensidad modificada del espectro solar dentro del elemento de construcción, así como del vector de luz, efectuándose la fluorescencia y la fosforescencia en todas las direcciones espaciales,

la figura 2 la representación esquemática de una estructura de un elemento de construcción fotoactivo según la invención sobre sustrato microestructurado,

la figura 3 una representación esquemática de la sección transversal de un elemento de construcción según la invención con un sistema de capas de cavitación,

40 la figura 4 una representación esquemática de la sección transversal de un elemento de construcción según la invención, y en

la figura 5 una representación de curvas de estabilidad de un elemento de construcción según la invención con capa de pasivación en comparación con un elemento de construcción fotoactivo correspondiente al estado de la técnica.

Ejemplos de ejecución

45 En un primer ejemplo de ejecución de la invención, en la figura 2 se emplea una trampa de luz para la prolongación de la vía óptica de la luz incidente en el sistema activo.

En este caso, la trampa de luz se realiza al montarse el elemento de construcción sobre un sustrato microestructurado periódicamente, y al garantizarse la función homogénea del elemento de construcción, su contacto sin cortocircuito y una distribución homogénea del campo eléctrico a través del área total, mediante el empleo de una capa wide-gap dopada. En este caso es especialmente ventajoso que la luz pase al menos dos veces por la capa absorbente, lo que puede conducir a una absorción de luz elevada, y de este modo a un grado de acción de la pila solar mejorado. Esto se puede conseguir, a modo de ejemplo como en la figura 2, al presentar el sustrato estructuras piramidales sobre la superficie, con alturas (h) y anchuras (d) respectivamente en el intervalo de uno a varios cientos de micrómetros. Altura y anchura se pueden seleccionar iguales o diferentes. Del mismo modo, las pirámides pueden ser estructuradas simétrica o asimétricamente. La anchura de las estructuras piramidales se sitúa en este caso entre 1 μm y 200 μm . La altura de las estructuras piramidales se puede situar entre 1 μm y 1 mm.

Notación fig. 2:

$$1\mu\text{m} < d < 200\mu\text{m}$$

$$1\mu\text{m} < h < 1\text{mm}$$

15 11: sustrato

12: electrodo; por ejemplo; z.B. ITO o metal (10 - 200nm)

13: sistema de capas HTL o ETL (10 - 200nm)

14: capa mixta absorbente 1 (10 - 200nm)

15: capa mixta absorbente 2 (10 - 200nm)

20 16: sistema de capas HTL o ETL (10 - 200nm)

17: capa de pasivación (1nm - 200nm)

18: electrodo; por ejemplo ITO o metal (10 - 200nm)

19: vía de la luz incidente

25 En otro ejemplo de ejecución, el elemento de construcción fotoactivo según la invención presenta la siguiente estructura ejemplar:

1. electrodo

2. capa de pasivación

3. sistema de capas de transporte p

4. sistema de capas fotoactivo 1

30 5. sistema de capas de transporte n

6. sistema de capas de cavitación (por ejemplo semitransparente y/o dependiente de la longitud de onda y/o sensible a la polarización)

7. sistema de capas de transporte p

8. sistema de capas fotoactivo 2

35 9. sistema de capas de transporte n

10. electrodo

En otro ejemplo de ejecución, el elemento de construcción fotoactivo según la invención presenta como una pila tándem pin o pila múltiple pin, faltando una o varias capas de transporte, la siguiente estructura ejemplar:

1. electrodo
 2. capa de pasivación
 3. sistema de capas de transporte p
 4. sistema de capas fotoactivo 1
- 5
5. sistema de capas de cavitación (por ejemplo semitransparente y/o dependiente de la longitud de onda y/o sensible a la polarización)
 6. sistema de capas de transporte p
 7. sistema de capas fotoactivo 2
 8. sistema de capas de transporte n
- 10
9. electrodo
- O:
1. electrodo
 2. capa de pasivación
 3. sistema de capas de transporte p
- 15
4. sistema de capas fotoactivo 1
 5. sistema de capas de transporte n
 6. sistema de capas de cavitación (por ejemplo semitransparente y/o dependiente de la longitud de onda y/o sensible a la polarización)
 7. sistema de capas fotoactivo 2
- 20
8. sistema de capas de transporte n
 9. electrodo
- O:
1. electrodo
 2. sistema de capas de transporte p
- 25
3. sistema de capas fotoactivo 1
 4. sistema de capas de cavitación (por ejemplo semitransparente y/o dependiente de la longitud de onda y/o sensible a la polarización)
 5. sistema de capas fotoactivo 2
 6. sistema de capas de transporte n
- 30
7. capa de pasivación
 8. electrodo

En otro ejemplo de ejecución, el elemento de construcción fotoactivo según la invención presenta como una pila tándem pin o pila múltiple pin, encontrándose al menos un sistema de capas de cavitación dentro de uno de los

sistemas fotoactivos, la siguiente estructura ejemplar:

1. electrodo
2. capa de pasivación
3. sistema de capas de transporte p
- 5 4. combinación de sistema de capas fotoactivo 1 y sistema de capas de cavitación (por ejemplo semitransparente y/o dependiente de la longitud de onda y/o sensible a la polarización)
5. sistema de capas de transporte n (también se puede suprimir en caso dado)
6. sistema de capas de transporte p (también se puede suprimir en caso dado)
7. sistema de capas fotoactivo 2
- 10 8. sistema de capas de transporte n
9. electrodo

O:

1. electrodo
2. capa de pasivación
- 15 3. sistema de capas de transporte p
4. sistema de capas fotoactivo 1
5. sistema de capas de transporte n (también se puede suprimir en caso dado)
6. sistema de capas de transporte p (también se puede suprimir en caso dado)
- 20 7. combinación de sistema de capas fotoactivo 2 y sistema de capas de cavitación (por ejemplo semitransparente y/o dependiente de la longitud de onda y/o sensible a la polarización)
8. sistema de capas de transporte n
9. electrodo

En otro ejemplo de ejecución, el elemento de construcción fotoactivo según la invención presenta como una pila tándem pin o pila múltiple pin, encontrándose al menos un sistema de capas de cavitación en uno de los electrodos, la siguiente estructura ejemplar:

1. electrodo
2. capa de pasivación
3. sistema de capas de cavitación (por ejemplo semitransparente y/o dependiente de la longitud de onda y/o sensible a la polarización)
- 30 4. sistema de capas de transporte p (también se puede suprimir en caso dado)
5. sistema de capas fotoactivo 1
6. sistema de capas de transporte n
7. sistema de capas de transporte p

8. sistema de capas fotoactivo 2

9. sistema de capas de transporte n

10. electrodo

O:

5 1. electrodo

2. sistema de capas de cavitación (por ejemplo semitransparente y/o dependiente de la longitud de onda y/o sensible a la polarización)

3. capa de pasivación

4. sistema de capas de transporte p (también se puede suprimir en caso dado)

10 5. sistema de capas fotoactivo 1

6. sistema de capas de transporte n

7. sistema de capas de transporte p

8. sistema de capas fotoactivo 2

9. sistema de capas de transporte n

15 10. electrodo

O:

1. electrodo

2. capa de pasivación

3. sistema de capas de transporte p

20 4. sistema de capas fotoactivo 1

5. sistema de capas de transporte n

6. sistema de capas de transporte p

7. sistema de capas fotoactivo 2

8. sistema de capas de transporte n (también se puede suprimir en caso dado)

25 9. sistema de capas de cavitación (por ejemplo semitransparente y/o dependiente de la longitud de onda y/o sensible a la polarización)

10. electrodo

En otro ejemplo de ejecución, el elemento de construcción fotoactivo según la invención presenta el siguiente orden de capas:

30 1. electrodo

2. capa de pasivación

3. sistema de capas de cavitación (por ejemplo semitransparente y/o dependiente de la longitud de onda y/o sensible a la polarización)

4. sistema de capas de transporte p

5. sistema de capas fotoactivo 1

6. sistema de capas de transporte n

7. sistema de capas de transporte p

5 8. sistema de capas fotoactivo 2

9. sistema de capas de transporte n (también se puede suprimir en caso dado)

10. electrodo

En otro ejemplo de ejecución, el elemento de construcción fotoactivo en la fig. 3 según la invención presenta el siguiente orden de capas:

10 substrato de vidrio **1**,

contacto básico ITO **2**,

capa de transporte de electrones (ETL) **3**,

sistema de capas doble i activo 4P-TPD:C60 / DCV6T:C60 **4,5**,

capa de transporte de huecos p-dopada (HTL) **6**,

15 sistema de capas de cavitación (por ejemplo semitransparente y/o dependiente de la longitud de onda y/o sensible a la polarización) **7**,

capa de pasivación (óxido de molibdeno) **8**,

contacto cubriente (por ejemplo oro) **9**.

20 En otro ejemplo de ejecución, el elemento de construcción fotoactivo en la fig. 4 según la invención presenta el siguiente orden de capas:

substrato de vidrio **1**,

contacto básico ITO **2**,

capa de transporte de electrones (ETL) **3**,

sistema de capas doble i activo 4P-TPD:C60 / DCV6T:C60 **4,5**,

25 capa de transporte de huecos p-dopada (HTL) **6**,

capa de pasivación (óxido de molibdeno) **8**,

contacto cubriente (por ejemplo oro) **9**.

En otro ejemplo de ejecución, el elemento de construcción fotoactivo según la invención presenta el siguiente orden de capas:

30 "sin óxido metálico" (muestra de referencia según el estado de la técnica):

vidrio / ITO / capa de transporte de carga 1 / capa de transporte de carga 2 / capa mixta absorbente / capa de transporte de carga 3 / capa de transporte de carga 4 / aluminio.

"con óxido metálico" (ejemplo de ejecución según la invención):

vidrio / ITO / capa de transporte de carga 1 / capa de transporte de carga 2 / capa mixta absorbente / capa de transporte de carga 3 / capa de transporte de carga 4 / óxido metálico / aluminio.

5 En la correspondiente fig. 5 se representan las curvas de estabilidad a lo largo del tiempo de elementos de construcción fotoactivos con y sin una capa de pasivación constituida por un óxido metálico. Como se puede extraer de la fig. 5, los elementos de construcción fotoactivos con capa de pasivación presentan un período de aplicación más largo.

Lista de signos de referencia

- 1 Substrato
- 2 Contacto básico (electrodo)
- 10 3 Capa de transporte de electrones (ETL)
- 4 Sistema de capas doble i activo 1
- 5 Sistema de capas doble i activo 2
- 6 Capa de transporte de huecos p-dopada (HTL)
- 7 Sistema de capas de cavitación (8 capa de pasivación)
- 15 9 Contacto cubriente (electrodo)
- 10 Electrodo
- 11 Substrato
- 12 Electrodo
- 13 Sistema de capas HTL o ETL
- 20 14 Capa mixta absorbente 1
- 15 Capa mixta absorbente 2
- 16 Sistema de capas HTL o ETL
- 17 Capa de pasivación
- 18 Electrodo
- 25 19 Vía de la luz incidente

REIVINDICACIONES

- 1.- Pila solar orgánica simple, tándem o múltiple con dos electrodos (2, 9), estando dispuesto un electrodo (2) sobre un substrato (1) y un electrodo como contraelectrodo superior (9), y entre los electrodos (2, 9) un sistema de capas fotoactivo (4, 5), así como al menos una capa de transporte de soportes de carga no dopada, parcialmente dopada o dopada (3, 6), que está dispuesta entre los electrodos (2, 9) y el sistema de capas fotoactivo (4, 5), caracterizada por que entre el sistema de capas fotoactivo (4, 5) y el contraelectrodo superior (9) se encuentra una capa de pasivación (8) constituida por óxido de molibdeno o por óxido de molibdeno dopado completa o parcialmente, y limitando la capa de pasivación (8) directamente con el contraelectrodo superior (9), encontrándose ésta dentro del contraelectrodo superior (9), o encontrándose al menos otra capa adicional (7) entre la capa de pasivación (8) y el contraelectrodo superior (9), y limitando la capa de pasivación (8) directamente con una capa de transporte dopada, parcialmente dopada o no dopada (6).
- 2.- Elemento de construcción fotoactivo según la reivindicación 1, caracterizado por que dentro de al menos una de las pilas, o al menos entre dos pilas adyacentes, está dispuesto además al menos un sistema de capas de cavitación (7), que modifica la distribución de campo óptica dentro del elemento de construcción.
- 3.- Pila solar orgánica según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que en el caso del elemento de construcción se trata de una pila aislada pin, pila tándem pin, pila múltiple pin, pila aislada nip, pila tándem nip o pila múltiple nip.
- 4.- Pila solar orgánica según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que el contraelectrodo superior está constituido por un metal, un óxido transparente conductor, por una capa orgánica dopada, por cristales orgánicos, un polímero conductor, por un material de electrodo o por combinaciones de los materiales citados anteriormente.
- 5.- Pila solar orgánica según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que el elemento de construcción está constituida por una combinación de estructuras nip, ni, ip, pnip, pni, pip, nipn, nin, ipn, pnipn, pnin o pipn, en la que se están apiladas varias combinaciones independientes, que contienen al menos una capa i.
- 6.- Pila solar orgánica según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que las capas del sistema de capas del elemento de construcción están configuradas como una trampa de luz que prolonga la vía óptica de la luz incidente.
- 7.- Pila solar orgánica según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que el elemento de construcción fotoactivo está dispuesto sobre materiales soporte flexibles, que se pueden disponer sobre áreas soporte curvadas o flexibles.
- 8.- Pila solar orgánica según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que las capas orgánicas están constituidas al menos parcialmente por moléculas reducidas, al menos parcialmente por polímeros, o por una combinación de moléculas reducidas y polímeros.
- 9.- Pila solar orgánica según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que el elemento de construcción es semitransparente al menos en un cierto intervalo de longitudes de onda de la luz.
- 10.- Empleo de una pila solar orgánica según una de las reivindicaciones 1 a 9 sobre áreas soporte planas, curvadas o flexibles.

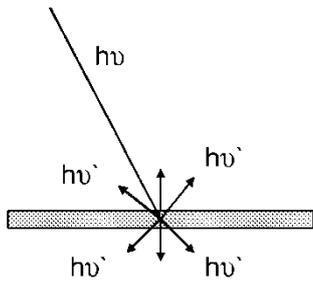


Fig.1

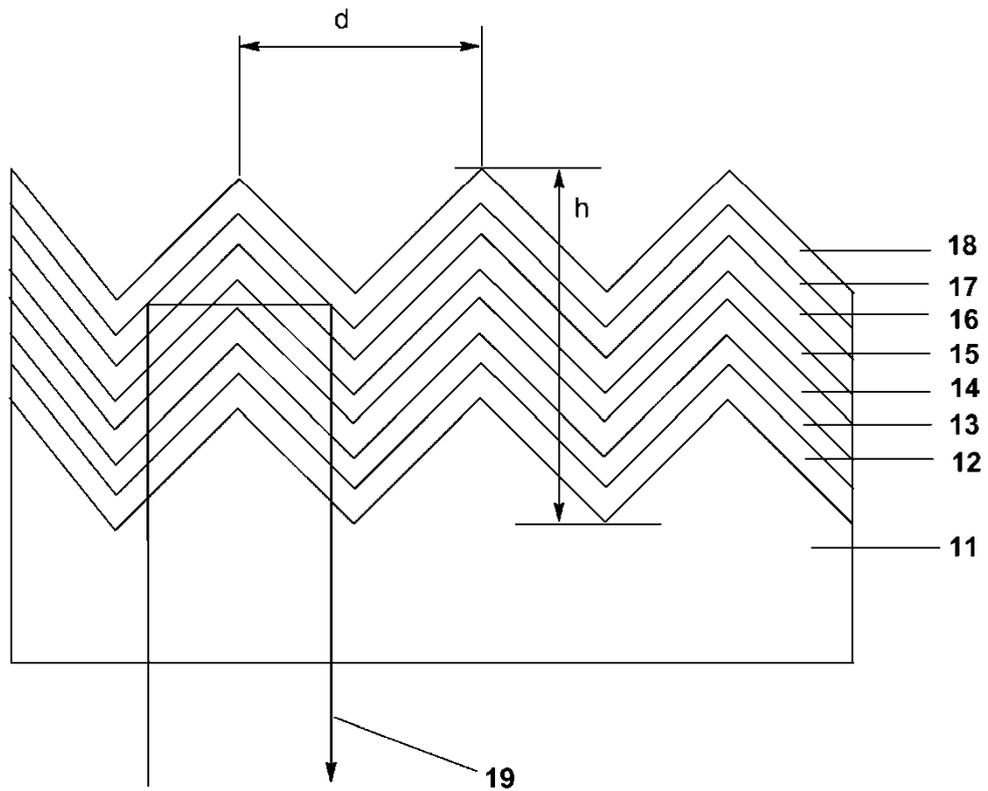


Fig. 2

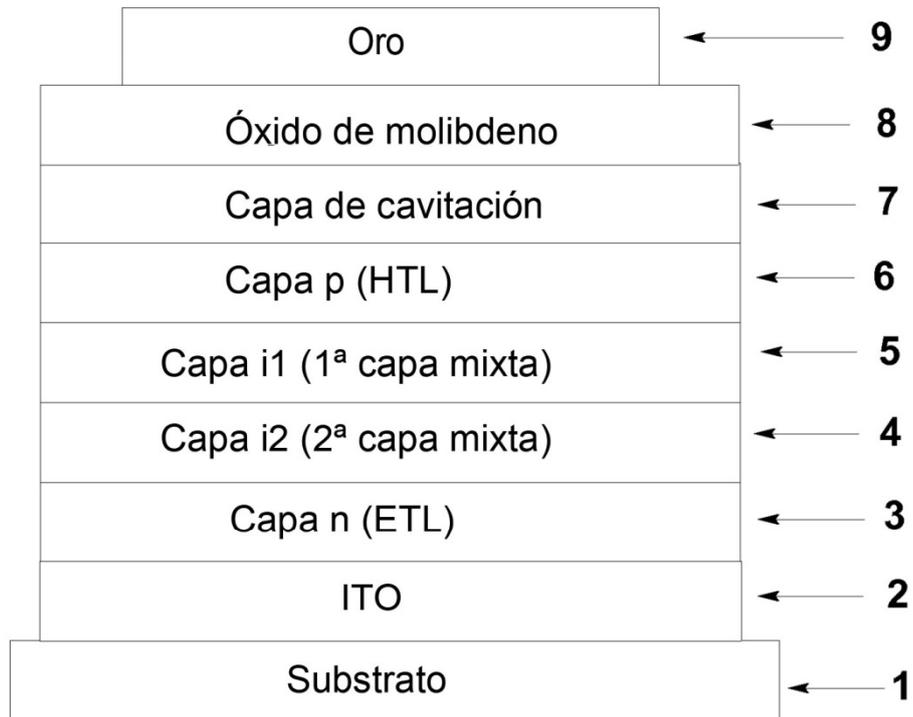


Fig. 3

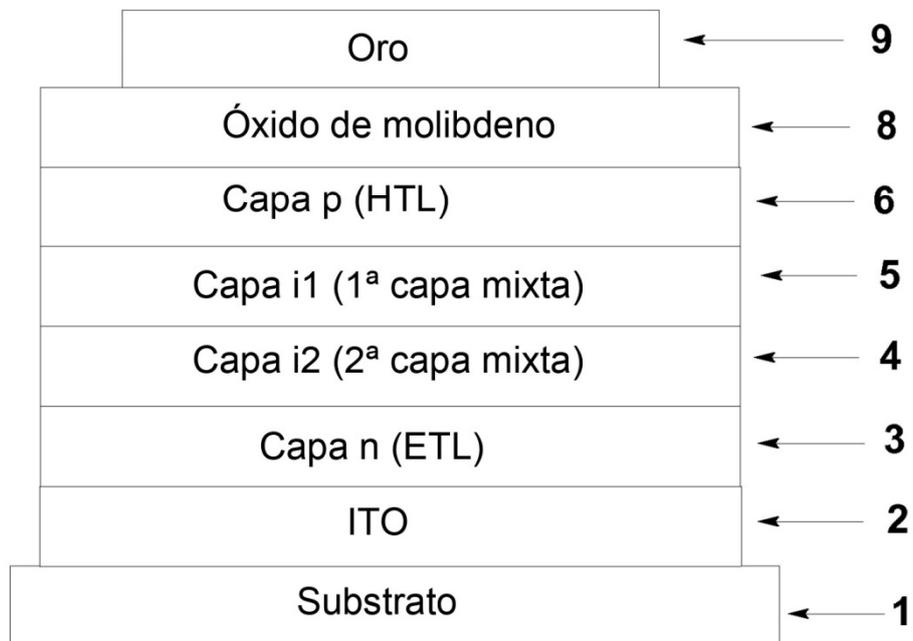


Fig. 4

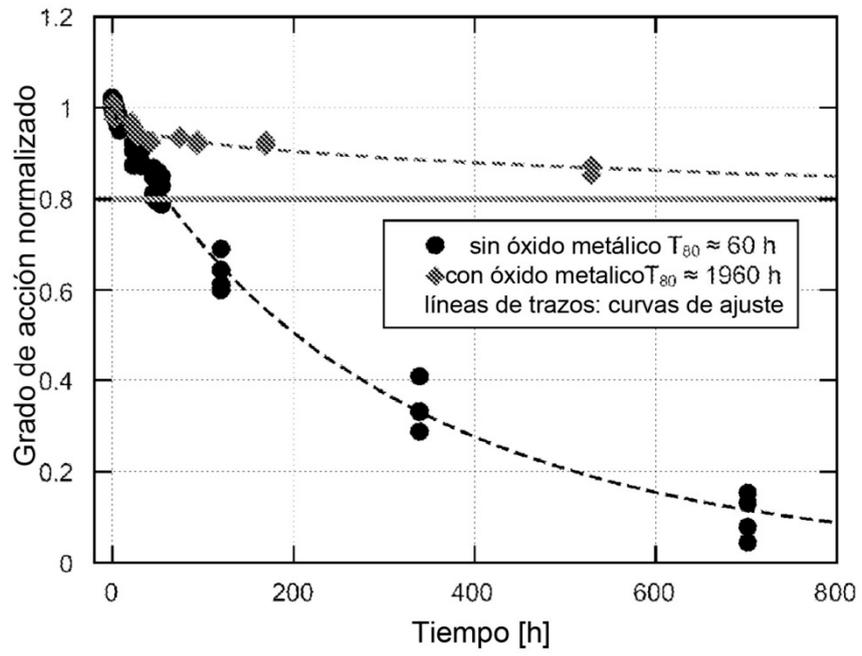


Fig. 5