

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 911 556**

51 Int. Cl.:

H01G 9/20

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.12.2017** **E 17209762 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.01.2022** **EP 3503141**

54 Título: **Una célula solar y un método para fabricar la célula solar**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
19.05.2022

73 Titular/es:

EXEGER OPERATIONS AB (100.0%)
P.O. Box 55597
102 04 Stockholm, SE

72 Inventor/es:

LINDSTRÖM, HENRIK

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 911 556 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

Una célula solar y un método para fabricar la célula solar

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a una célula solar. La presente invención también se refiere a un método para fabricar células solares.

10 **Antecedentes**

15 Las Dye-sensitized solar cells (células solares sensibilizadas por colorante - DSC) son bien conocidas en la técnica y funcionan mediante principios similares a la fotosíntesis. A diferencia de las células solares de silicio, estas células obtienen energía de la luz solar usando colorantes que pueden fabricarse de forma barata y de forma respetuosa con el medio ambiente.

20 Una célula solar sensibilizada por colorante tiene una capa de absorción de luz que comprende un óxido metálico poroso, por ejemplo, una capa porosa de electrodo de TiO_2 de unos pocos μm de espesor, teñida mediante adsorción de moléculas de colorante y formando un electrodo de trabajo. El colorante recoge la luz solar, produciendo electrones fotoexcitados que se inyectan en la banda de conducción de las partículas de óxido metálico. En este contexto, en lugar de colorante, se pueden usar sinónimos tales como cromóforo, sensibilizador y fotosensibilizador.

25 Existen diferentes tipos de células solares sensibilizadas por colorante, tales como células solares sensibilizadas por colorante en forma de sándwich y células solares monolíticas. Una célula solar sensibilizada por colorante de tipo sándwich normalmente se fabrica combinando dos partes producidas por separado de una célula mediante la colocación de una parte de la célula sobre la otra parte. Una célula solar de tipo sándwich puede comprender una capa de electrodo de TiO_2 depositada sobre un primer sustrato de conducción transparente. El primer sustrato de conducción transparente normalmente comprende una capa de óxido conductor transparente depositada sobre un sustrato de vidrio. La capa de óxido conductor transparente cumple la función de un colector de electrones que extrae electrones fotogenerados del electrodo de trabajo. La célula solar sensibilizada por colorante de tipo sándwich también tiene un contraelectrodo que incluye un segundo sustrato de conducción transparente unido al primer sustrato de conducción transparente. La capa de electrodo de TiO_2 está en contacto con un electrolito y el segundo sustrato de conducción transparente.

35 Las células solares sensibilizadas por colorante de tipo monolítico se conocen, por ejemplo, a partir de los documentos WO2013/149787, WO2013/149789 y WO2014/184379.

40 La Figura 1a muestra un ejemplo de una célula solar sensibilizada por colorante monolítica de la técnica anterior, conocida, por ejemplo, a partir del documento US9251963, que comprende un electrodo de trabajo que incluye una capa 1 de absorción de luz, una primera capa 2 de conducción para extraer electrones fotogenerados de la capa de absorción de luz, un sustrato 4 poroso de aislamiento y un contraelectrodo que incluye una segunda capa 3 de conducción dispuesta en el lado opuesto del sustrato 4 poroso de aislamiento. La capa 1 de absorción de luz puede incluir un óxido metálico poroso con colorante depositado sobre partículas de óxido metálico. El sustrato 4 poroso de aislamiento está hecho, por ejemplo, de fibras de vidrio. La primera capa 2 de conducción es una capa de un material de conducción poroso depositado en un lado del sustrato 4 poroso de aislamiento. La segunda capa 3 de conducción es una capa de un material de conducción poroso depositado en el otro lado del sustrato 4 poroso de aislamiento. Las capas de conducción primera y segunda se imprimen, por ejemplo, sobre el sustrato poroso de aislamiento. Para imprimir las capas de conducción sobre el sustrato poroso y para manipular el sustrato poroso con las capas impresas durante la producción, el sustrato poroso debe tener una cierta estabilidad mecánica. La estabilidad mecánica se logra normalmente controlando el espesor del sustrato. El sustrato poroso de aislamiento es eléctricamente aislante. Ambas capas 2, 3 de conducción comprende partículas que son lo suficientemente grandes como para no penetrar los poros del sustrato poroso. El sustrato 4 poroso de aislamiento sirve para separar las capas de conducción física y eléctricamente para evitar el cortocircuito eléctrico directo entre las capas 2, 3 de conducción. Además, para permitir que las capas 2, 3 de conducción primera y segunda puedan imprimirse sobre el sustrato poroso, el sustrato poroso debe ser adecuado para imprimir.

55 La célula solar en la Figura 1 se infiltra con un medio 5 de conducción eléctrica en los poros de la capa de absorción de luz, en los poros de las capas de conducción primera y segunda y en los poros del sustrato poroso. El medio de conducción forma una capa continua dentro de los poros de las capas de conducción, y entre las capas de conducción dentro de los poros del sustrato poroso de aislamiento, lo que permite el transporte de carga eléctrica entre el contraelectrodo y el electrodo de trabajo que incluye la capa 1 de absorción de luz. La primera capa de conducción extrae los electrones de la capa de absorción de luz y transporta los electrones hasta un circuito eléctrico externo conectado al contraelectrodo (no mostrado en la Fig. 1). El contraelectrodo se usa para transferir los electrones al medio de conducción. El medio de conducción transfiere electrones hacia la capa de absorción de luz, completando así el circuito eléctrico.

Dependiendo de la naturaleza del medio de conducción, los iones o electrones y los orificios pueden transportarse entre el contraelectrodo y el electrodo de trabajo.

Los electrolitos en las células solares sensibilizadas por colorante se clasifican normalmente en electrolitos líquidos, electrolitos en estado casi sólido o electrolitos en estado sólido. Los electrolitos pueden estar en estado líquido, de gel o sólido. Hay un gran número de electrolitos de cualquier tipo conocido en la bibliografía, véase por ejemplo *Chemicals Reviews*, Jan 28, 2015, "Electrolytes in Dye-Sensitized Solar Cells". Los electrolitos son un componente costoso de las células solares sensibilizadas por colorante. El contraelectrodo está equipado normalmente con una sustancia catalítica 3' que sirve para facilitar la transferencia de electrones al electrolito.

El medio de conducción presenta una cierta resistencia eléctrica a las cargas de transporte. La resistencia eléctrica aumenta con la distancia de transporte de carga. Por lo tanto, cuando se transporta carga eléctrica entre el contraelectrodo y la capa de absorción de luz, siempre habrá una cierta pérdida de resistencia eléctrica en el medio de conducción. Al hacer que el sustrato poroso sea más delgado, las pérdidas resistivas se pueden reducir. Sin embargo, cuando el sustrato poroso se vuelve más delgado, también se vuelve mecánicamente más frágil.

La Figura 1b muestra otro ejemplo de la técnica anterior de una célula solar sensibilizada por colorante, como se describe en el documento WO2014/184379. Esta célula solar difiere de la célula solar mostrada en la Figura 1a en que las partículas de conducción que forman una red 6 de conducción a través del material de aislamiento se ha insertado en el sustrato 4 poroso de aislamiento. Las partículas forman una o más trayectorias de conducción eléctrica a través del material de aislamiento del sustrato 4 de aislamiento. Debido a la red 6 de conducción en el sustrato 4 de aislamiento, la distancia entre el contraelectrodo y la capa 1 de absorción de luz ya no depende del espesor del sustrato poroso 4. Por lo tanto, el espesor de la parte de aislamiento puede reducirse y, por lo tanto, puede reducirse la distancia entre el contraelectrodo y la capa de absorción de luz. Por consiguiente, se reducen las pérdidas resistivas en el medio de conducción. Debido al hecho de que la distancia entre el contraelectrodo y la capa de absorción de luz ya no depende del espesor del sustrato poroso completo, sino solo de la parte de aislamiento, también es posible utilizar un sustrato que sea lo suficientemente espeso para una manipulación mecánica segura.

Algunos medios de conducción, como los electrolitos complejos de cobre y cobalto, pueden tener una conductividad eléctrica muy baja, lo que da como resultado pérdidas resistivas de resistencia muy grandes. La baja conductividad eléctrica se origina porque los electrolitos tienen iones grandes con baja velocidad de difusión. Cuando un electrolito líquido transporta cargas, las partículas de transporte se mueven con movimiento browniano; es decir, se mueven aleatoriamente debido a colisiones con átomos o moléculas de movimiento rápido en el líquido. El cobre y el cobalto tienen iones relativamente grandes que son de movimiento lento y, por lo tanto, tienen baja conductividad. La eficacia de uso de dichos electrolitos mejora considerablemente mediante la solución anterior.

Otro tipo de célula solar basada en la disposición de una capa de absorción de luz encima de una capa porosa de conducción, una capa porosa de aislamiento y un contraelectrodo aparece descrito en la solicitud codependiente WO/SE2017/050016. La capa de absorción de luz comprende granos, por ejemplo, de Si dopado. Un conductor de carga polimérico cubre los granos de la capa de absorción de luz y se extiende a través de la capa de conducción y la capa de aislamiento al contraelectrodo.

Una desventaja de la impresión de una capa de conducción sobre un sustrato poroso es que el sustrato tiene que tener un espesor que soporte el proceso. La manipulación adicional de la estructura impresa durante la fabricación, como el transporte o el giro de láminas o rollos o el tratamiento térmico o engrapado de las láminas o rollos, requiere que la estructura tenga una cierta estabilidad mecánica. Esto se logra teniendo un cierto espesor del sustrato poroso.

Para completar la construcción de la célula solar, se dispone un medio de conducción en la capa de absorción de luz, la capa de conducción y la capa porosa hacia el contraelectrodo. El medio de conducción es una parte costosa de la célula solar.

Yoshida Yoshikazu et al. describe "células solares sensibilizadas por colorante sin capa de óxido conductor transparente que consiste en un electrodo flotante con una capa de bloqueo de TiO_x de gradiente" en *Applied Physics Letters*, A I P publishing LLC, EE. UU., vol. 94, n.º 9, 3 de marzo de 2009, páginas 93301 - 93301, XP012119330, ISSN: 0003-6951, DOI: 10.1063/1.3089845.

La patente europea EP2533352 describe una célula solar sensibilizada por colorante que incluye un sustrato transparente proporcionado en el lado donde incide la luz solar, un sustrato de conducción que sirve como cátodo y se proporciona en oposición al sustrato transparente, una capa porosa de semiconducción, una capa porosa metálica de conducción que sirve como electrodo colector de corriente y una capa porosa de aislamiento. La capa 18 porosa metálica de conducción se deposita sobre la capa 2 porosa de aislamiento. La capa porosa metálica de conducción está dispuesta en contacto con la capa porosa de semiconducción en el lado opuesto al sustrato transparente y sirve como ánodo. La capa porosa de aislamiento está dispuesta en el lado de la capa porosa metálica de conducción en oposición a la capa porosa de semiconducción. El sustrato de conducción se dispone orientado hacia la capa porosa de aislamiento.

US2011240116 describen un procedimiento para producir un dispositivo de conversión fotoeléctrica que incluye las etapas de: recubrir la superficie de un sustrato de conducción con una capa porosa catalizadora; recubrir la superficie del sustrato de conducción con una capa porosa de aislamiento, de modo que cubra la capa porosa catalizadora; recubrir la superficie de la capa porosa de aislamiento con una capa de colector de corriente; recubrir la superficie de la capa porosa de aislamiento con una capa porosa de semiconducción de óxido metálico, de modo que cubra la capa de colector de corriente; hacer que la capa porosa de semiconducción de óxido metálico admita un colorante; impregnar la capa porosa de semiconducción de óxido metálico, la capa porosa de aislamiento y la capa porosa catalizadora con una solución electrolítica; y formar una capa de sellado transparente, de modo que cubra al menos la capa porosa de aislamiento y la capa porosa de semiconducción de óxido metálico.

La patente europea EP2224534 describe una célula solar fotosensibilizada que comprende una capa de catalizador, una capa porosa de aislamiento que contiene internamente un electrolito, una capa porosa de semiconducción con un fotosensibilizador adsorbido en la misma, que contiene internamente el electrolito, y un elemento de cubierta translúcido laminado sobre un sustrato de conducción.

Sumario

Un aspecto de la presente descripción consiste en proporcionar una solución destinada a mitigar, aliviar o eliminar uno o más de los defectos identificados en la técnica, tanto en las líneas anteriores como en las siguientes, así como las desventajas individualmente o en cualquier combinación. La presente descripción propone un dispositivo y un método para minimizar el uso del medio de conducción en una célula solar.

Más específicamente, la descripción proporciona un dispositivo y un método para minimizar el uso del medio de conducción en células solares usando una región superpuesta del medio de conducción y partículas de conducción y catalíticas en el sustrato sin llenar todo el sustrato y el contraelectrodo con un medio de conducción.

Este aspecto se logra mediante el dispositivo y el método definidos en las reivindicaciones independientes.

Según algunos aspectos de la descripción, se proporciona una célula solar. La célula solar comprende un electrodo de trabajo que incluye una capa porosa de absorción de luz, una primera capa porosa de conducción para extraer electrones fotogenerados de la capa de absorción de luz, en donde la capa de absorción de luz está dispuesta encima de la primera capa de conducción, un contraelectrodo que incluye una segunda capa de conducción, un sustrato poroso dispuesto entre las capas de conducción primera y segunda, en donde el sustrato poroso comprende una porción de conducción en contacto eléctrico con la segunda capa de conducción y una porción de aislamiento dispuesta entre la primera capa de conducción y la porción de conducción, y un medio de conducción para transportar cargas entre la porción de conducción y la capa de absorción de luz. El medio de conducción penetra la capa de absorción de luz y la primera capa de conducción. El medio de conducción penetra parcialmente el sustrato poroso, de modo que la porción de aislamiento del sustrato poroso comprende el medio de conducción y una primera parte de la porción de conducción que hace tope con la porción de aislamiento comprende el medio de conducción y una segunda parte de la porción de conducción que hace tope con la segunda capa de conducción está libre del medio de conducción. En otras palabras, el sustrato poroso se llena parcialmente con un medio de conducción, de modo que hay tres regiones en el sustrato poroso: una porción de aislamiento con medio de conducción, una porción de conducción con medio de conducción y una porción de conducción sin medio de conducción. De esta forma, se puede minimizar el uso del medio de conducción. Esto ahorra mucho coste, especialmente en la producción a gran escala, y también puede permitir el uso de medios de conducción más caros para una eficacia mayor sin aumentar significativamente los costes. Además, para el uso de medios de conducción líquidos, el riesgo de fuga puede reducirse cuando se usan cantidades más pequeñas del líquido.

Debido a la porción de conducción en el sustrato poroso, la distancia aislada entre el contraelectrodo, es decir, la segunda capa de conducción, y la capa de absorción de luz no depende del espesor total del sustrato poroso. En otras palabras, incluso cuando se usa un sustrato poroso espeso, el espesor de la porción de aislamiento puede reducirse y, por lo tanto, la distancia entre el contraelectrodo y la capa de absorción de luz puede reducirse. Por consiguiente, se reducen las pérdidas resistivas en el medio de conducción. Debido al hecho de que la distancia efectiva para transferir cargas entre el contraelectrodo y la capa de absorción de luz no depende del espesor del sustrato poroso, también es posible utilizar un sustrato que sea lo suficientemente espeso para una manipulación mecánica segura. Al limitar también la presencia del medio de conducción a la porción de aislamiento y a la primera parte del medio de conducción, se minimiza la cantidad de medio de conducción usado. Esto hace posible tener un sustrato lo suficientemente espeso para una manipulación mecánica segura y reducir el coste de los materiales, ya que no es preciso llenar todo el sustrato con medio de conducción.

Según algunos aspectos, el medio de conducción se deposita en poros de la capa de absorción de luz, en poros de la primera capa de conducción, en poros de la porción de aislamiento del sustrato poroso y en poros de la primera parte de la porción de conducción. Cuando el medio de conducción se deposita en los poros de un material poroso, es posible que el medio de conducción forme una cadena continua, de modo que el medio de

conducción pueda transportar eficazmente las cargas entre la porción de conducción y la capa de absorción de luz.

5 El medio de conducción es, por ejemplo, un electrolito de I/I_3 convencional o un electrolito similar, o un electrolito complejo de Cu/Co . Los complejos a base de metales de transición en estado sólido o los conductores de orificios poliméricos orgánicos son medios de conducción conocidos.

10 Según algunos aspectos, la porción de conducción comprende elementos catalíticos. Los elementos catalíticos ayudan a la transferencia de cargas entre la porción de conducción y el medio de conducción.

15 Según algunos aspectos, el sustrato poroso comprende un material de aislamiento poroso y la porción de conducción comprende partículas de conducción y catalíticas alojadas en los poros y que forman una red de conducción a través del material de aislamiento y en donde el medio de conducción está en contacto eléctrico y catalítico con la red de conducción en la primera parte de la porción de conducción. De este modo, en la parte del sustrato poroso donde se superponen el medio de conducción y las partículas de conducción y catalíticas, en la primera parte, ambos están presentes en los poros del sustrato poroso. Esto proporcionará un buen contacto eléctrico entre los dos.

20 Según algunos aspectos, la distancia entre la capa de absorción de luz y la primera parte es entre $0,2\ \mu m$ y $60\ \mu m$ y, preferiblemente, entre $0,8$ y $50\ \mu m$. En otras palabras, el medio de conducción transferirá la distancia máxima de $60\ \mu m$ o, preferiblemente, $50\ \mu m$.

25 Según algunos aspectos, el espesor de la porción de conducción es menor que $1\ mm$ y, preferiblemente, menor que $100\ \mu m$. Debido al hecho de que la porción de conducción es delgada, la demanda de la conductividad de la porción de conducción es bastante baja y menor que la demanda de la conductividad de las capas de conducción primera y segunda.

30 Según algunos aspectos, el espesor de la porción de aislamiento es entre $0,1\ \mu m$ y $40\ \mu m$ y, preferiblemente, entre $0,5\ \mu m$ y $20\ \mu m$. De este modo, se reducen las pérdidas resistivas de resistencia en el medio de conducción y se sigue evitando un cortocircuito entre la primera y la tercera capa de conducción.

35 Según algunos aspectos, el espesor de la primera capa de conducción es entre $0,1\ \mu m$ y $40\ \mu m$ y, preferiblemente, es entre $0,3$ y $20\ \mu m$. Ventajosamente, el espesor de la primera capa de conducción se mantiene fino para tener una corta distancia entre la capa de absorción de luz y la tercera capa de conducción y el contraelectrodo.

40 Según algunos aspectos, el espesor de la primera parte de la porción de conducción es menor que el espesor de la segunda parte de la porción de conducción. En otras palabras, la parte superpuesta, que es una parte de conducción que comprende medio de conducción, es menor que la parte que no comprende medio de conducción según algunos aspectos. La región superpuesta solo necesita ser lo suficientemente espesa como para permitir el contacto eléctrico entre la porción de conducción y el medio de conducción. Cuanto más delgada sea la parte superpuesta, es decir, la primera parte, menos medio de conducción hace falta usar. Debe observarse que el límite de dónde se deposita el medio de conducción en el sustrato poroso, es decir, la línea entre la primera y la segunda parte de la porción de conducción, no es necesariamente una línea recta.

45 Según algunos aspectos, el espesor del sustrato poroso es entre $10\ \mu m$ y $1\ mm$. Dicha capa proporciona una buena resistencia mecánica a la célula solar.

Según algunos aspectos, la porción (4b) de aislamiento es una parte integral del sustrato poroso (4).

50 Según algunos aspectos, el medio de conducción comprende iones de cobre. Los iones de cobre, es decir, Cu^{2+} , Cu^+ , es un medio de conducción no tóxico. Se ha demostrado que el uso de cobre como medio de conducción proporciona una fototensión resultante muy alta.

55 Según algunos aspectos, el tamaño de poro promedio del sustrato poroso es mayor que el tamaño de poro promedio de la primera capa de conducción, y en donde el tamaño de poro promedio de la primera capa de conducción es mayor que el tamaño de poro promedio de la capa de absorción de luz. Esto es ventajoso en la producción de la célula solar. Cuando se usan poros que son más pequeños en la parte superior y luego más grandes en la célula solar, se puede utilizar la acción capilar. Cuando se suministra un medio de conducción en forma de líquido o gel encima de la capa de absorción de luz, el medio de conducción no fluye hacia abajo a la parte inferior de la célula solar, sino que se mantiene en la capa superior debido a la acción capilar hasta que se llena la capa superior. Esto se explica más detalladamente en la descripción detallada cuando se analiza el método para producir la célula solar.

65 Según algunos aspectos, los ejemplos de partículas de conducción y catalíticas comprende uno o más entre: PEDOT, carbono, platino, titanio, aleaciones de titanio, níquel, aleaciones de níquel, materiales a base de carbono, óxidos conductores, nitruros conductores, carburos conductores y siliciuros conductores, FTO platinado, ATO, ITO, negro de carbón, grafeno o nanotubos de carbono. Las partículas de conducción y catalíticas comprenden, por

ejemplo, un núcleo de conducción con una cubierta o recubrimiento catalítico. Otra opción es usar partículas que tengan una baja energía de activación y que sean tanto partículas de conducción como catalíticas, tales como nanotubos de carbono, carburos metálicos, nitruros metálicos y siliciuros metálicos.

5 Según algunos aspectos, la célula solar es una célula solar sensibilizada por colorante. El elemento de absorción de luz es entonces un colorante, como se ha explicado en la técnica anterior. Pueden usarse colorantes convencionales conocidos en la técnica. Se elige un colorante para proporcionar una buena eficiencia de la célula solar, especialmente en combinación con un medio de conducción a base de cobre. El colorante puede ser, por ejemplo, un colorante orgánico de triarilamina que comprende cualquiera de, o una mezcla de, colorante de la clase Dador- π puente-Aceptor (D- π -A) y de la clase Dador-Aceptor- π puente Aceptor (D-A- π -A).
10

Otros tipos de elementos de absorción de luz como granos de Si dopado o granos de CdTe, CIGS, CIS, GaAs, perovskita también pueden ser aplicables.

15 La cantidad limitada de medio de conducción en la célula solar necesaria usando el diseño anterior puede lograr un ahorro de medio de conducción de hasta el 75 %.

Según algunos aspectos de la descripción, se proporciona un método para fabricar una célula solar. La célula solar comprende una primera capa de conducción y una segunda capa de conducción y un sustrato poroso dispuesto entre las capas de conducción primera y segunda. El método comprende preparar el sustrato poroso de modo que el sustrato poroso comprende una porción de conducción en un lado inferior del sustrato poroso y una porción de aislamiento en un lado superior del sustrato poroso, depositar una capa porosa de conducción en el lado superior del sustrato poroso para formar la primera capa de conducción, depositar la segunda capa de conducción de modo que la porción de conducción esté en contacto eléctrico con la segunda capa de conducción, depositar una capa porosa de semiconducción encima de la primera capa de conducción para formar la capa de absorción de luz y depositar un medio de conducción sobre la capa de absorción de luz, y depositar el medio de conducción hasta que el medio de conducción haya entrado en la capa de absorción de luz, la primera capa de conducción y parcialmente el sustrato poroso, de modo que la porción de aislamiento del sustrato poroso comprende el medio de conducción y una primera parte de la porción de conducción que hace tope con la porción de aislamiento que comprende el medio de conducción y una segunda parte de la porción de conducción que hace tope con la segunda capa de conducción está libre del medio de conducción. Las ventajas de la célula solar resultante se han comentado previamente. El método es una forma eficaz de depositar un medio de contacto de modo que no llene todo el sustrato poroso o, más en particular, de modo que no llene la porción de conducción del sustrato poroso. Otra ventaja con este método es que es fácil de fabricar la célula solar según la descripción.
20
25
30
35

Según algunos aspectos, la preparación del sustrato poroso comprende depositar un agente de bloqueo en un lado superior del sustrato poroso, comprendiendo el sustrato poroso un material de aislamiento, para formar una capa de bloqueo en una porción del sustrato e infiltrar el sustrato poroso desde un lado inferior del sustrato con partículas de conducción y catalíticas que tienen un tamaño menor que el tamaño de poro del sustrato para formar una porción de conducción. Este es un método eficaz para producir el sustrato poroso de modo que comprenda una porción de aislamiento y una porción de conducción.
40

Según algunos aspectos, la preparación del sustrato poroso comprende, después de depositar la primera capa de conducción y la segunda capa de conducción, tratar térmicamente el sustrato para quemar la capa de bloqueo, formando así la porción de aislamiento. Dependiendo del agente de bloqueo que se utilice, puede mantenerse en la porción de aislamiento o quemarse después de depositar las capas de conducción primera y segunda. Algunos agentes de bloqueo pueden no alterar la función de la célula solar y luego pueden dejarse en el sustrato.
45

Según algunos aspectos, depositar la segunda capa de conducción comprende depositar un colorante que comprende partículas de conducción sobre el lado inferior del sustrato poroso. En otras palabras, la segunda capa de conducción se imprime en el lado inferior.
50

Según algunos aspectos, depositar la segunda capa de conducción comprende depositar una capa metálica sobre el lado inferior del sustrato poroso. De este modo, la segunda capa de conducción se deposita como una construcción en forma de sándwich.
55

Según algunos aspectos, el medio de conducción está comprendido en un líquido o gel. Cuando el medio de conducción está comprendido en un líquido o gel, puede simplificar la deposición del medio de contacto a la capa de absorción de luz, el primer medio de conducción, la porción de aislamiento y la primera parte de la porción de conducción.
60

Según algunos aspectos, la capa de absorción de luz, el sustrato poroso y la primera capa de conducción se preparan de modo que la primera capa de conducción tenga un tamaño de poro que sea menor que el tamaño de poro del sustrato poroso y de modo que la capa de absorción de luz tenga un tamaño de poro más pequeño que el tamaño de poro de la primera capa de conducción y en donde la acción capilar impida que el líquido o el gel fluyan a la primera capa de conducción hasta que la capa de absorción de luz esté saturada y al sustrato poroso hasta que la primera capa
65

de conducción esté saturada e impida que el líquido o el gel fluyan a la porción de conducción hasta que la porción de aislamiento esté saturada e impida que el líquido o el gel fluyan a la segunda parte de la porción de conducción. Este método para depositar el medio de conducción utiliza acción capilar para impedir que el medio de contacto se desplace demasiado profundamente en el sustrato poroso, para ahorrar la cantidad de medio de conducción usado.

5 Según algunos aspectos, se evita que el medio de conducción entre en la segunda parte de la porción de conducción polimerizando el líquido o el gel antes de que alcance la segunda parte. La polimerización del líquido o del gel es una forma eficaz de controlar dónde se deposita el medio de conducción en la célula solar.

10 Según algunos aspectos, la polimerización se inicia usando cualquiera de, o una combinación de: Iluminación con luz ultravioleta, calentamiento y un proceso de dos componentes. La elección de cuál usar depende de la elección de líquido o gel.

15 **Breve descripción de los dibujos**

La presente técnica se entenderá más fácilmente mediante el estudio de la siguiente descripción detallada de los aspectos junto con los dibujos adjuntos, en donde:

20 La Fig. 1a muestra un ejemplo de una célula solar sensibilizada por colorante de la técnica anterior, tal y como se describe en los antecedentes.

La Fig. 1b muestra otro ejemplo de una célula solar sensibilizada por colorante de la técnica anterior, tal y como se describe en los antecedentes.

25 La Fig. 2 ilustra un ejemplo de una célula solar sensibilizada por colorante.

La Fig. 3 es una ilustración de un sustrato poroso con una porción de conducción, una porción de aislamiento y una superposición de partículas de conducción en una primera parte de la porción de conducción.

30 La Fig. 4 muestra un ejemplo de producción del sustrato poroso y capas de conducción primera y segunda según algunos aspectos de la descripción.

La Fig. 5 muestra un ejemplo de producción del sustrato poroso y las capas de conducción primera y segunda usando una capa de bloqueo.

35 Las figuras no están a escala, sino que se pone énfasis en ilustrar los aspectos ilustrativos.

Descripción detallada

40 Los aspectos de la presente descripción se describirán más completamente de aquí en adelante con referencia a las figuras adjuntas. Los números similares en las figuras se refieren a elementos similares en toda la descripción.

45 La terminología usada en la presente descripción tiene únicamente el fin de describir aspectos particulares de la descripción y no se pretende que limite la invención. Como se usan en la presente memoria, las formas singulares “un”, “una” y “el/la” pretenden incluir asimismo las formas plurales, a menos que el contexto indique claramente lo contrario.

50 A menos que se defina lo contrario, todas las expresiones (incluidas expresiones técnicas y científicas) usadas en la presente descripción tienen el mismo significado que entendería comúnmente un experto en la técnica al que pertenece la descripción. Se entenderá además que debería interpretarse que las expresiones usadas en la presente memoria tienen un significado que es consistente con su significado en el contexto de la presente memoria descriptiva y la técnica relevante y no se interpretarán en un sentido idealizado o demasiado formal, a menos que se defina expresamente así en la presente memoria.

55 La Figura 2 muestra un ejemplo de una célula solar sensibilizada por colorante según algunos aspectos de la descripción. La célula solar es preferiblemente una célula solar sensibilizada por colorante monolítica. Una célula solar sensibilizada por colorante monolítica está caracterizada por que todas las capas se depositan directa o indirectamente sobre un mismo sustrato poroso.

60 La célula solar comprende un electrodo de trabajo que incluye una capa 1 porosa de absorción de luz, una primera capa 2 porosa de conducción para extraer electrones fotogenerados de la capa de absorción de luz. La capa 1 de absorción de luz y la primera capa 2 de conducción son capas porosas. La capa 1 de absorción de luz del electrodo de trabajo puede incluir una capa porosa de electrodo de TiO₂ depositada sobre la primera capa 2 de conducción. La capa de electrodo de TiO₂ puede comprender partículas de TiO₂ teñidas mediante adsorción de moléculas de colorante sobre la superficie de las partículas de TiO₂. Según algunos aspectos, la célula solar es una célula solar sensibilizada por colorante. El elemento de absorción de luz es entonces un colorante, como se ha explicado en la técnica anterior. Pueden usarse colorantes convencionales conocidos en la técnica. Se

65

elige un colorante para proporcionar una buena eficiencia de la célula solar, especialmente en combinación con un medio de conducción a base de cobre. La capa de absorción de luz también puede comprender silicio, Si, granos o granos de CdTe, CIGS, CIS, GaAs, perovskita que también pueden ser aplicables. La primera capa 2 de conducción comprende partículas de conducción y tiene, según algunos aspectos, una capa superficial de TiO₂.

La capa 1 de absorción de luz está dispuesta encima de la primera capa 2 de conducción. La célula solar también comprende un contraelectrodo que incluye una segunda capa 3 de conducción y un sustrato 4 poroso dispuesto entre las capas 2, 3 de conducción primera y segunda. El sustrato 4 poroso comprende una porción 4a de conducción en contacto eléctrico con la segunda capa 3 de conducción. Una porción 4b de aislamiento está dispuesta entre la primera capa 2 de conducción y la porción 4a de conducción. La porción 4b de aislamiento del sustrato poroso impide un cortocircuito entre las capas de conducción primera y segunda porque es aislante de la electricidad. En otras palabras, la porción 4b de aislamiento del sustrato 4 poroso sirve para separar las capas 2, 3 de conducción física y eléctricamente para impedir un cortocircuito electrónico directo entre las capas 2, 3 de conducción. La porción 4a de conducción forma una extensión de la segunda capa 3 de conducción. Las capas 2, 3 de conducción primera y segunda se imprimen, por ejemplo, en el sustrato poroso. Para hacer que las capas 2, 3 de conducción primera y segunda puedan imprimirse en el sustrato poroso, el sustrato poroso debe ser adecuado para imprimir. Ambas capas 2, 3 de conducción consisten en partículas que son lo suficientemente grandes como para no penetrar los poros del sustrato poroso. El material que forma las capas 2, 3 de conducción debe tener una resistencia a la corrosión adecuada como para soportar el entorno en la célula solar y, preferiblemente, ser también resistente a las temperaturas superiores a los 500 °C en aire sin perder una conductividad adecuada. Preferiblemente, las capas 2, 3 de conducción se fabrican de un material seleccionado de un grupo que consiste en titanio, aleaciones de titanio, níquel, aleaciones de níquel, grafito y carbono amorfo, o mezclas de los mismos.

Debe observarse que las capas 2, 3 de conducción primera y segunda se colocan en un lado de sombra de la capa 1 de absorción de luz, es decir, el lado opuesto al lado que recibe la luz. De este modo, las capas de conducción primera y segunda se colocan en el mismo lado de la capa de absorción de luz, como se muestra en las figuras.

La célula solar también comprende un medio 5 de conducción para transportar cargas entre la porción 4a de conducción y la capa 1 de absorción de luz. El medio de conducción se deposita en la capa 1 de absorción de luz, en la primera capa 2 de conducción y parcialmente en el sustrato 4 poroso de modo que la porción 4b de aislamiento del sustrato poroso comprende el medio de conducción y una primera parte 4a' de la porción 4a de conducción que hace tope con la porción de aislamiento comprende el medio de conducción y una segunda parte 4a'' de la porción de conducción que hace tope con la segunda capa de conducción está libre del medio de conducción. En otras palabras, el sustrato poroso se llena parcialmente con un medio de conducción, de modo que hay tres regiones en el sustrato poroso: una porción de aislamiento con medio de conducción, una porción de conducción con medio de conducción y una porción de conducción sin medio de conducción. De esta forma, se puede minimizar el uso del medio de conducción. La Figura 3 es una ilustración del sustrato poroso 4 con las tres regiones 4a', 4a'' y 4b. El medio 5 de conducción está en contacto eléctrico con la porción 4a de conducción, en la figura ilustrado como partículas de conducción en una red, de modo que pueda transferir cargas desde la segunda capa 3 de conducción a través de la porción 4a de conducción del sustrato poroso 4 a la capa 1 de absorción de luz. Esto ahorra costes, especialmente en la producción a gran escala, y también puede permitir el uso de medios de conducción más caros para una eficacia mayor sin aumentar significativamente los costes. Además, para el uso de medios de conducción líquidos, el riesgo de fuga puede reducirse cuando se usan cantidades más pequeñas del líquido. Debe observarse que "libre del medio de conducción" quiere decir que hay poco medio de conducción, de modo que el medio de conducción en sí mismo no pueda transferir cargas. Preferiblemente, la segunda parte 4a'' no contiene ningún medio de conducción, pero, en el proceso de fabricación, será muy difícil impedir que algún medio de conducción entre en la segunda parte. Debe observarse, además, que la segunda capa de conducción también está inherentemente libre del medio de conducción, ya que está situada debajo de la segunda parte 4a''.

Debido a la porción 4a de conducción en el sustrato poroso 4, la distancia aislada entre el contraelectrodo, es decir, la segunda capa 3 de conducción y la capa 1 de absorción de luz no depende del espesor total del sustrato poroso 4. En otras palabras, incluso cuando se usa un sustrato poroso espeso, el espesor de la porción 4b de aislamiento puede reducirse y, por lo tanto, la distancia entre el contraelectrodo 3 y la capa 1 de absorción de luz puede reducirse. Por consiguiente, se reducen las pérdidas resistivas en el medio 5 de conducción. Debido al hecho de que la distancia de desplazamiento de las cargas entre la segunda capa 3 de conducción y la capa 1 de absorción de luz no depende del espesor del sustrato poroso 4, es posible usar un sustrato que sea lo suficientemente espeso para una manipulación mecánica segura. Al limitar también la presencia del medio de conducción a la porción 4b de aislamiento y a la primera parte 4a' de la porción 4a de conducción, se minimiza la cantidad de medio 5 de conducción usado. La cantidad limitada de medio de conducción en la célula solar necesaria usando el diseño anterior puede lograr un ahorro de medio de conducción de hasta el 75 %. Esto hace que sea aún más posible tener un sustrato lo suficientemente espeso para una manipulación mecánica segura, ya que no es preciso llenar todo el sustrato con medio de conducción, algo que puede ser costoso. Además, la eficacia de la célula solar no será sensible a la elección del medio de conducción. Por ejemplo, los iones de cobre, que se pueden obtener fácilmente, pero es costoso, grande y lento, puede usarse más ventajosamente en comparación a antes. Debido al hecho de que el medio 5 de conducción no llena todo el sustrato poroso 4, sino que solo

se superpone con, y está en contacto eléctrico con, la porción 4a' de conducción, por ejemplo, se pueden usar iones de cobre de forma ventajosa. El sustrato poroso debe permitir el transporte rápido de iones u orificios entre los electrodos. Para distribuir el medio de conducción, el sustrato debe tener una porosidad suficientemente alta (fracción de volumen de poros) y baja tortuosidad.

5 Cuando el medio 5 de conducción se deposita en los poros de un material poroso, el medio de conducción forma una cadena continua, de modo que el medio de conducción puede transportar eficazmente las cargas entre la porción 4a de conducción y la capa 1 de absorción de luz. Debe observarse que el medio 5 de conducción se ilustra como puntos aleatorios en la Figura 2. Sin embargo, es simplemente una ilustración de dónde está presente el medio de conducción,
10 no de cómo se colocan realmente las partículas. De este modo, según algunos aspectos, la capa 1 de absorción de luz y la primera capa 2 de conducción son porosas y el medio 5 de conducción se deposita en poros de la capa 1 de absorción de luz, en poros de la primera capa 2 de conducción, en poros de la porción 4b de aislamiento del sustrato poroso 4 y en poros de la primera parte 4a' de la porción 4a de conducción. Las características importantes del producto de célula solar terminado son que la distancia de desplazamiento para las cargas entre la segunda capa 3 de
15 conducción y la capa 1 de absorción de luz es corta y que el producto es mecánicamente fuerte para su manipulación.

La primera capa 2 de conducción y el sustrato poroso 4 son porosas para permitir que el medio de conducción atraviese las capas de conducción cuando se aplica el medio de conducción después de que se hayan formado las capas. El medio 5 de conducción es, por ejemplo, un conductor de orificios de estado sólido, o un electrolito a base de líquido iónico o un electrolito a base de complejo de cobalto. Sin embargo, el medio de conducción puede ser cualquier medio de conducción adecuado. El medio de conducción puede ser un líquido, un gel o un material sólido, tal como un semiconductor. Los ejemplos de electrolitos son electrolitos líquidos (tales como los basados en I-/I3-, par redox o complejos cobalto como par redox), electrolitos en gel, electrolitos poliméricos secos y electrolitos cerámicos sólidos. Ejemplos de semiconductores son semiconductores inorgánicos, tales como CuSCN o Cul, y semiconductores orgánicos, tales como, p. ej., Spiro-OMeTAD.

El medio 5 de conducción necesita penetrar a través de la primera capa 2 de conducción para poder suministrar los electrones a la capa de absorción de luz. De este modo, la primera capa de conducción necesita tener una porosidad suficientemente alta (fracción de volumen de poro) y/o baja tortuosidad. Esto se puede lograr con canales a través de la capa, con grandes granos en la capa, con partículas monodispersas y/o agentes formadores de poros.

La Figura 4 es una ilustración de un método para fabricar la célula solar. Como se ha descrito anteriormente, la célula solar comprende la primera capa 2 de conducción y la segunda capa 3 de conducción y el sustrato poroso 4 dispuesto entre las capas de conducción primera y segunda. El método comprende preparar S1 el sustrato poroso 4, de modo que el sustrato poroso comprenda la porción 4a de conducción en un lado inferior del sustrato poroso y la porción 4b de aislamiento en una parte superior del sustrato poroso, como se muestra en la figura en S1. Se deposita una capa porosa S2 de conducción en la parte superior del sustrato poroso para formar la primera capa 2 de conducción. La segunda capa 3 de conducción se deposita S3 de modo que la porción 4a de conducción esté en contacto eléctrico con la segunda capa de conducción y una capa porosa de semiconducción se deposita S4 encima de la primera capa 2 de conducción para formar la capa 1 de absorción de luz. Los detalles de formas ilustrativas de depositar las capas se describirán más adelante. Esta estructura tiene varias ventajas, tales como la facilidad de fabricación a gran escala y que proporciona una distancia bien definida y constante entre la segunda capa de conducción y la capa de absorción de luz, cuando se deposita sobre la primera capa de conducción.

El sustrato poroso 4 es, por ejemplo, de microfibras. Una microfibras es una fibra que tiene un diámetro inferior a 10 µm y una longitud superior a 1 nm. De manera adecuada, el sustrato poroso comprende microfibras tejidas. Las microfibras cerámicas son fibras fabricadas de un material refractario e inerte, SiO₂, Al₂O₃ y aluminosilicato. Las microfibras también pueden ser microfibras de vidrio. Las microfibras orgánicas son fibras fabricadas de materiales orgánicos, tales como polímeros como, p. ej., policaprolactona, PET, PEO, etc., o celulosa tal como, p. ej., nanocelulosa (MFC) o pasta de madera. El sustrato poroso 4 puede comprender microfibras tejidas y microfibras no tejidas dispuestas sobre microfibras tejidas.

El medio 5 de conducción se deposita S4 sobre la capa 1 de absorción de luz y el medio de conducción se deposita hasta que el medio de conducción haya entrado en la capa 1 de absorción de luz, en la primera capa 2 de conducción y parcialmente en el sustrato poroso 4, de modo que la porción 4b de aislamiento del sustrato poroso comprenda el medio de conducción y una primera parte 4a' de la porción de conducción que hace tope con la porción 4b de aislamiento comprenda el medio de conducción y una segunda parte 4a'' de la porción de conducción que hace tope con la segunda capa de conducción está libre del medio de conducción. Las ventajas de la célula solar resultante se han comentado previamente. El método es una forma eficaz de depositar el medio 5 de conducción, de modo que no llene todo el sustrato poroso 4 o, más en particular, de modo que no llene toda la porción 4a de conducción del sustrato poroso. En otras palabras, la porción 4a de conducción está parcialmente llena con medio 5 de conducción, de modo que el medio de conducción esté en contacto eléctrico con la porción de conducción. Otra ventaja con este método es que es fácil de fabricar la célula solar según la descripción. Debe observarse que, si la deposición del medio de conducción continúa después de alcanzar la primera parte, continuará fluyendo a la segunda parte. Por lo tanto, la cantidad de medios de conducción depositados será importante.

El medio de conducción es, por ejemplo, un electrolito convencional de I/I_3 o un electrolito similar, o un electrolito a base de complejo de Cu o Co. Los complejos a base de metales de transición en estado sólido o los conductores de orificios poliméricos orgánicos son medios de conducción conocidos. Según algunos aspectos, el medio de conducción es PEDOT.

Como se ha descrito anteriormente, las capas 2, 3 de conducción primera y segunda pueden depositarse, por ejemplo, por impresión. La primera capa 2 de conducción puede formarse como alternativa mediante evaporación o pulverización de una capa de titanio sobre el sustrato poroso, o mediante cualquier otro método para depositar una capa delgada de titanio sobre el sustrato poroso 4. La segunda capa 3 de conducción se deposita S3 por ejemplo depositando S3 un colorante que comprende partículas de conducción en el lado inferior del sustrato poroso 4. En otras palabras, la segunda capa de conducción se imprime en el lado inferior. Otra alternativa es que la deposición S3 de la segunda capa 3 de conducción comprenda depositar S3b una capa metálica en el lado inferior del sustrato poroso 4. De este modo, la segunda capa de conducción se deposita como una construcción en forma de sándwich.

La capa 1 de absorción de luz se deposita sobre la primera capa 2 de conducción. La capa de absorción de luz se forma, por ejemplo, depositando una capa porosa de TiO_2 sobre la primera capa de conducción y posteriormente adsorbe un colorante sobre la capa de TiO_2 en el caso de que la célula solar sea una célula solar sensibilizada por colorante. El medio 5 de conducción se deposita sobre la capa 1 de absorción de luz antes de depositar sobre la primera capa 2 de conducción, de modo que el medio 5 de conducción llene primero la capa 1 de absorción de luz y después continúe llenando el primer medio 2 de conducción según lo expuesto anteriormente. La célula solar comprende una capa 1 de absorción de luz y la deposición del medio 5 de conducción se hace sobre la capa 1 de absorción de luz y después sobre la primera capa 2 de conducción de la capa de absorción de luz, etc. Por lo tanto, el medio 5 de conducción se deposita en la capa 1 de absorción de luz, en la primera capa 2 de conducción, en la porción 4b de aislamiento y en la primera parte 4a' de la porción 4a de conducción, de modo que el medio 5 de conducción forme una trayectoria de conducción continua entre la primera parte y la capa de absorción de luz.

Una forma de controlar cuántas capas penetra el medio de conducción, es decir, de controlar el medio 5 de conducción para que no entre en la segunda parte 4a" de la porción de conducción, es depositar una cantidad predeterminada de medio 5 de conducción sobre la primera capa 2 de conducción o la capa 1 de absorción de luz. Los poros de la capa 1 de absorción de luz deben llenarse con el medio de conducción posible para maximizar la eficacia de la célula solar. Según algunos aspectos, el medio 5 de conducción se deposita hasta que haya una conexión eléctrica adecuada entre la primera parte 4a' y la capa 1 de absorción de luz. En otras palabras, el medio 5 de conducción se deposita hasta que haya una superposición entre el medio 5 de conducción y la porción 4a de conducción del sustrato poroso 4.

La acción capilar (a veces denominada capilaridad, movimiento capilar o absorción por capilaridad) es la capacidad de un líquido o disolvente de fluir en espacios estrechos sin la ayuda de, o incluso en oposición a, fuerzas externas como la gravedad. Según algunos aspectos, el tamaño de poro promedio del sustrato poroso 4 es mayor que el tamaño de poro promedio de la primera capa 2 de conducción, y en donde el tamaño de poro promedio de la primera capa 2 de conducción es mayor que el tamaño de poro promedio de la capa 1 de absorción de luz. Esto es ventajoso en la producción de la célula solar. Cuando se usan poros que son más pequeños en la parte superior y luego más grandes en la célula solar, se puede utilizar la acción capilar. Cuando se dispensa medio de conducción en forma de líquido o gel sobre la capa de absorción de luz o la primera capa de conducción, dependiendo del método, el medio de conducción no fluye hacia abajo a la parte inferior de la célula solar, sino que se mantiene en la capa superior por la acción capilar hasta que se llena la capa superior.

Como se ha explicado anteriormente, la Figura 3 es una ilustración de un ejemplo del sustrato poroso 4 con las tres regiones 4a', 4a" y 4b. Según algunos aspectos, la porción de conducción comprende elementos catalíticos. Los elementos catalíticos ayudan a la transferencia de cargas entre la porción de conducción y el medio de conducción. Se puede ver en la figura que la porción 4a de conducción comprende una red de partículas. Esas partículas son partículas de conducción y, según algunos aspectos, el sustrato poroso 4 comprende un material de aislamiento poroso y la porción 4a de conducción comprende partículas de conducción y catalíticas alojadas en los poros y que forman una red 6 de conducción a través del material de aislamiento, y en donde el medio de conducción está en contacto eléctrico y catalítico con la red de conducción en la primera parte de la porción de conducción. Por lo tanto, en la parte del sustrato poroso 4 donde el medio 5 de conducción y las partículas de conducción y catalíticas se superponen, en la primera parte 4', ambos están presentes en los poros del sustrato poroso. Esto proporcionará un buen contacto eléctrico entre los dos. En la figura, el sustrato poroso 4 comprende una porción 4a de conducción que incluye partículas de conducción que forman una red 6 de conducción en el material de aislamiento del sustrato poroso, y una porción 4b de aislamiento sin ninguna partícula de conducción y que forma una capa porosa de aislamiento. La porción 4b de aislamiento está formada aquí como una parte integral del sustrato poroso 4.

La red 6 de conducción está en contacto físico y eléctrico directo con la segunda capa 3 de conducción del contraelectrodo y, por lo tanto, aumentará significativamente el área de superficie de conducción del contraelectrodo. El área de superficie de conducción sirve para transferir electrones u orificios desde el contraelectrodo a la red de

conducción. La red de conducción en el sustrato poroso y el área de superficie de conducción aumentada de la segunda capa de conducción disminuyen la resistencia de transferencia de carga entre el medio 5 de conducción y la red 6 de conducción. Adicionalmente, dado que la porción 4a de conducción forma una red de conducción que se extiende a través del material de aislamiento del sustrato poroso, la distancia entre la capa 1 de absorción de luz y la porción 4a de conducción es más corta que la distancia entre la capa 1 de absorción de luz y la segunda capa 3 de conducción. Las partículas de conducción son más pequeñas que el tamaño de poro promedio de la capa porosa 4 para infiltrarse eficazmente.

Las partículas de conducción de la porción 4a de conducción pueden consistir en el mismo material que se usa en la segunda capa 3 de conducción. También es posible utilizar otros tipos de partículas tales como materiales a base de carbono (grafito, negro de carbón, CNT, grafeno, etc.). También es posible utilizar otros tipos de partículas tales como óxidos conductores (ITO, FTO, ATO, etc.) o carburos, nitruros o siliciuros. Según algunos aspectos, las partículas de conducción y catalíticas comprenden uno o más entre: PEDOT, carbono, platino, titanio, aleaciones de titanio, níquel, aleaciones de níquel, materiales a base de carbono, óxidos conductores, nitruros conductores, carburos conductores, siliciuros conductores, FTO platinado, ATO, ITO, negro de carbón, grafeno y nanotubos de carbono. Las partículas de conducción y catalíticas comprenden, por ejemplo, un núcleo de conducción con una cubierta o recubrimiento catalítico. El núcleo de conducción puede estar hecho de metal, aleación metálica, óxido metálico u otros materiales de conducción. Otra opción es usar partículas que tengan una baja energía de activación y que sean tanto partículas de conducción como catalíticas, tales como nanotubos de carbono, carburos metálicos, nitruros metálicos y siliciuros metálicos.

El medio 5 de conducción comprende, por ejemplo, iones y, según algunos aspectos, el medio 5 de conducción comprende iones de cobre. Los iones de cobre, es decir, Cu^{2+} , Cu^+ , son un medio de conducción no tóxico y se ha demostrado que proporcionan buena eficiencia, especialmente en células solares sensibilizadas por colorante.

Los iones son iones de movimiento libre para transferir cargas entre el contraelectrodo y la capa de absorción de luz. Otro ejemplo de iones que pueden usarse como medio de conducción son iones de cobalto. El medio de conducción también puede ser un electrolito a base de cobalto, un electrolito a base de complejo de cobalto o un electrolito a base de complejo de cobre. El medio de conducción comprende, según algunos aspectos, ligandos, tales como fenantrolina. La combinación de iones más común usada como electrolito es I^-/I_3^- .

Dependiendo de la naturaleza del medio de conducción, se pueden transportar iones o electrones y orificios entre el contraelectrodo 3 y el electrodo 1 de trabajo. El medio 5 de conducción puede ser, por ejemplo, un conductor de orificios de estado sólido. Un conductor de orificios de estado sólido es, por ejemplo, un semiconductor. Una ventaja de usar un conductor de orificios es que es un material sólido y, en consecuencia, se reduce el requisito de sellado de la célula solar. Ejemplos de semiconductores son semiconductores inorgánicos, tales como CuSCN o CuI , y semiconductores orgánicos, tales como, p. ej., P3HT o Spiro-OMeTAD. Según algunos aspectos, el medio de conducción es un conductor de orificios de estado sólido, o un electrolito a base de líquido iónico, o un electrolito a base de complejo de cobalto. Se pueden utilizar perovskitas semiconductoras, como $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$, $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_{3-x}\text{Cl}_x$ o $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnI}_3$ u otras perovskitas adecuadas.

Los espesores de las capas de esta descripción dependerán de muchos factores. La eficacia de la célula solar es obviamente importante, así como la resistencia mecánica de la célula solar; debe poder manipularse tanto durante la producción como cuando es un producto terminado sin romperse. Pero la resistencia mecánica requerida puede variar dependiendo de cómo y dónde vaya a usarse la célula solar. La eficacia también se puede sacrificar para producir una célula solar más barata y también dependiendo del uso previsto de la célula solar. El método de fabricación también influirá en los posibles espesores. Por lo tanto, los espesores de las capas pueden variar. Según algunos aspectos, el espesor de la primera parte 4a' de la porción 4a de conducción es más pequeño que el espesor de la segunda parte 4a'' de la porción de conducción. En otras palabras, la parte superpuesta de conducción y que comprende medio 5 de conducción es más pequeña que la parte que no comprende medio de conducción. La región superpuesta solo necesita ser lo suficientemente espesa como para permitir el contacto eléctrico entre la porción de conducción y el medio de conducción. Cuanto más delgada sea la parte superpuesta, es decir, la primera parte, menos medio 5 de conducción hace falta usar. El espesor de la segunda parte 4a'' de la porción de conducción depende de la resistencia mecánica deseada del paquete de capas que se vaya a manipular durante la fabricación y la célula solar resultante.

Debe observarse que, dependiendo del método de fabricación, el límite de dónde se deposita el medio de conducción en el sustrato poroso, es decir, la línea entre la primera y la segunda parte de la porción de conducción, no es necesariamente una línea recta. Debe observarse que, mediante el uso del método descrito anteriormente, la línea tendrá más probabilidad de tener una forma irregular donde el medio de conducción haya entrado en el sustrato poroso a diferentes profundidades.

Como se explica, se pueden hacer afirmaciones sobre los espesores de las diferentes capas, pero el experto en la técnica se dará cuenta de que los espesores dependerán en gran medida de la implementación y del proceso de fabricación de la célula solar para proporcionar mediciones exactas. Según algunos aspectos, la distancia entre la capa 1 de absorción de luz y la primera parte 4a' es entre $0,2\ \mu\text{m}$ y $60\ \mu\text{m}$ y, preferiblemente, entre $0,8$ y $50\ \mu\text{m}$. En otras palabras, el medio de conducción transferirá la distancia máxima de $60\ \mu\text{m}$ o, preferiblemente, $50\ \mu\text{m}$. Según algunos aspectos, el espesor de la

porción 4a de conducción es menor que 1 mm y, preferiblemente, menor que 100 μm . Debido al hecho de que la porción de conducción es delgada, la demanda de la conductividad de la porción de conducción es bastante baja y menor que la demanda de la conductividad de las capas de conducción primera y segunda. Según algunos aspectos, el espesor de la porción 4b de aislamiento es entre 0,1 μm y 40 μm y, preferiblemente, entre 0,5 μm y 20 μm . De este modo, se reducen las pérdidas resistivas de resistencia en el medio de conducción y se sigue evitando un cortocircuito entre la primera y la tercera capa de conducción. Según algunos aspectos, el espesor de la primera capa 2 de conducción es entre 0,1 μm y 40 μm y, preferiblemente, entre 0,3 y 20 μm . Ventajosamente, el espesor de la primera capa de conducción se mantiene fino para tener una corta distancia entre la capa de absorción de luz y la tercera capa de conducción y el contraelectrodo.

Según algunos aspectos, el espesor del sustrato poroso 4 es entre 10 μm y 1 mm. Dicha capa proporciona una buena resistencia mecánica a la estructura de capas durante la producción y a la célula solar resultante.

Una forma de preparar el sustrato poroso se ilustra en la Figura 5. Según algunos aspectos, la preparación S1 del sustrato poroso 4 comprende depositar S11 un agente de bloqueo en un lado superior del sustrato poroso 4, comprendiendo el sustrato poroso un material de aislamiento, para formar una capa 7 de bloqueo en una porción 4b del sustrato, e infiltrar S12 el sustrato poroso desde un lado inferior del sustrato con partículas de conducción y catalíticas que tienen un tamaño menor que el tamaño de poro del sustrato para formar una porción 4a de conducción. Este es un método eficaz para producir el sustrato poroso de modo que es comprenda una porción 4b de aislamiento y una porción 4a de conducción. Al usar este método, se forma la red 6 de partículas de conducción, tal y como se ha abordado previamente. El agente de bloqueo es un material, tal como fibras, que no afecta a la función de la célula solar y, por lo tanto, se puede dejar allí, o quemarse después de depositar las capas de conducción primera y segunda. Por lo tanto, según algunos aspectos, la preparación S1 del sustrato poroso 4 comprende, después de depositar S2, S3 la primera capa 2 de conducción y la segunda capa 3 de conducción, el tratamiento térmico S13 del sustrato para quemar la capa de bloqueo formando así la porción 4b de aislamiento. De nuevo, dependiendo del agente de bloqueo usado, puede mantenerse en la porción de aislamiento o quemarse después de depositar las capas de conducción primera y segunda. Algunos agentes de bloqueo pueden no alterar la función de la célula solar y luego pueden dejarse en el sustrato.

Algunas de las capas pueden requerir tratamiento térmico para sinterizar. La capa 1 de absorción de luz y las capas 2, 3 de conducción pueden requerir sinterización. Las capas 2, 3 de conducción pueden sinterizarse en el mismo tratamiento térmico que la capa de absorción de luz o antes. En qué momento realizar el tratamiento térmico es algo que dependerá de las opciones de material. Algunos medios de conducción pueden ser sensibles al tratamiento térmico y, si se usa tal medio, el tratamiento térmico debe realizarse antes de depositar el medio de conducción.

Como se ha abordado previamente, la acción capilar puede usarse en la producción de las células solares. Según algunos aspectos, la capa 1 de absorción de luz, el sustrato poroso 4 y la primera 2 capa de conducción se preparan de modo que la primera capa 2 de conducción tenga un tamaño de poro que sea más pequeño que el tamaño de poro del sustrato poroso 4 y de modo que la capa 1 de absorción de luz tenga un tamaño de poro más pequeño que el tamaño de poro de la primera capa 2 de conducción, y en donde la acción capilar impida que el líquido o el gel fluyan a la primera capa de conducción hasta que la capa de absorción de luz esté saturada y al sustrato poroso hasta que la primera capa de conducción esté saturada e impida que el líquido o el gel fluyan a la porción 4a de conducción hasta que la porción 4b de aislamiento esté saturada e impida que el líquido o gel fluya a la segunda parte 4a" de la porción de conducción. Este método para depositar el medio 5 de conducción utiliza acción capilar para impedir que el medio de contacto se desplace demasiado profundamente en el sustrato poroso 4 para guardar la cantidad del medio de conducción utilizado.

Puede haber varias formas de impedir que el medio 5 de conducción entre en la segunda parte 4a" de la porción 4a de conducción. Una forma de poder impedir que el medio de conducción entre en la segunda parte 4a" de la porción 4a de conducción es polimerizando el líquido o el gel antes de que alcance la segunda parte. La polimerización del líquido o del gel es una forma eficaz de controlar dónde se deposita el medio de conducción en la célula solar. Según algunos aspectos, la polimerización se inicia usando cualquiera de, o una combinación de: Iluminación con luz ultravioleta, calentamiento y un proceso de dos componentes. La elección de cuál usar depende de la elección de líquido o gel. Otra forma de impedir que el medio de conducción fluya hacia la segunda parte 4a" es usar un líquido o gel que se endurezca enfriándolo o que se endurezca mediante evaporación o polimerización de partes o la totalidad de la matriz de gel o líquido. El proceso se puede acelerar mediante calentamiento.

Cuando el medio 5 de conducción está comprendido en un líquido o gel, puede simplificar la deposición del medio de contacto a la capa de absorción de luz, la primera capa de conducción, la porción de aislamiento y la primera parte de la porción de conducción. El medio de conducción está comprendido, por ejemplo, en un líquido o gel. El líquido o gel es, por ejemplo, acetonitrilo, CH_3CN , líquido iónico, gel iónico, disolvente con iones disueltos o un líquido que cambia a gel dependiendo de la temperatura. Según algunos aspectos, el líquido o gel se seca después de la deposición, de modo que los iones del medio de conducción se secan en las capas y forman una cadena de conducción de partículas de conducción.

65

Anteriormente, se han abordado algunos ejemplos de colorantes que pueden usarse en la capa de absorción de luz en el caso de que la célula solar sea una célula solar sensibilizada por colorante. Hay muchos colorantes que pueden usarse y, según algunos aspectos, el colorante comprende colorante orgánico de triarilamina, que comprende cualquiera de, o una mezcla de, colorante de la clase Dador- π puente-Aceptor (D- π -A) y de la clase Dador-Aceptor- π puente Aceptor (D-A- π -A). Dichos colorantes ofrecen una buena eficacia para la célula solar, especialmente en combinación con un medio de conducción a base de cobre.

Del fotosensibilizador de primera clase se sustituyen, por ejemplo, ácidos de (difencilaminofenil)-tiofeno-2-cianoacrílico o ácidos de (difencilaminofenil)ciclopenta-ditiofeno-2cianoacrílico.

De la segunda clase se sustituyen, por ejemplo, ácidos de (difencilaminofenil)benzotiadiazolil)-ciclopentadienotiofenil)arilo/heteroarilo-2-cianoacrílico o ácidos de (difencilaminofenil)-ciclopentadienotiofenil)benzotiadiazolil)arilo/heteroarilo-2cianoacrílico.

Los ejemplos de sensibilizador, es decir, colorantes, que pueden usarse son:

- XY1: ácido de (E)-3-(4-(6-(7-(4-(bis(2,4'-bis((2-etilhexil)oxi)-[1,1'-bifenil]-4-il)amino)fenil)benzo[c][1,2,5]tiadiazol-4-il)-4,4-bis(2-etilhexil)-4H-ciclopenta[2,1-b:3,4-b']ditiofen-2-il)fenil)-2-cianoacrílico
- XY1b: ácido de (E)-3-(4-(6-(7-(4-(bis(2',4'-dibutoxi-[1,1'-bifenil]-4-il)amino)fenil)benzo[c][1,2,5]tiadiazol-4-il)-4,4-bis(2-etilhexil)-4H-ciclopenta[2,1-b:3,4-b']ditiofen-2-il)fenil)-2-cianoacrílico
- Azul Dyenamo: ácido de (E)-3-(5-(4-(4-(5-(4-(bis(2',4'-dibutoxi-[1,1'-bifenil]-4-il)amino)fenil)tiofen-2-il)-2,5-bis(2-etilhexil)-3,6-dioxo-2,3,5,6-tetrahidropirrol[3,4-c]pirrol-1-il)fenil)furan-2-il)-2-cianoacrílico
- Azul Dyenamo 2016: ácido de (E)-3-(5-(4-(4-(5-(4-(bis(2',4'-dibutoxi-[1,1'-bifenil]-4-il)amino)fenil)tiofen-2-il)-2,5-dioctil-3,6-dioxo-2,3,5,6-tetrahidropirrol[3,4-c]pirrol-1-il)fenil)furan-2-il)-2-cianoacrílico
- D35: ácido de (E)-3-(5-(4-(bis(2',4'-dibutoxi-[1,1'-bifenil]-4-il)amino)fenil)tiofen-2-il)-2-cianoacrílico
- D45: ácido de (E)-3-(5-(4-(bis(2',4'-dimetoxi-[1,1'-bifenil]-4-il)amino)fenil)tiofen-2-il)-2-cianoacrílico
- D35CPDT, LEG4: ácido de 3-{6-[4-[bis(2',4'-dibutíloxibifenil-4-il)amino-]fenil]-4,4-dihexil-ciclopenta-[2,1-b:3,4-b']ditiofene-2-il]-2-cianoacrílico
- D51: ácido de (E)-3-(6-(4-(bis(2',4'-dimetoxi-[1,1'-bifenil]-4-il)amino)fenil)-4,4-dihexil-4H-ciclopenta[2,1-b:3,4-b']ditiofen-2-il)-2-cianoacrílico
- Y123: ácido de 3-{6-[4-[bis(2',4'-dihexíloxibifenil-4-il)amino-]fenil]-4,4-dihexil-ciclopenta-[2,1-b:3,4-b']ditifene-2-il]-2-cianoacrílico
- JF419: ácido de E)-3-(6-(4-(bis(5,7-bis(hexíloxi)-9,9-dimetil-9H-fluoren-2-il)amino)fenil)-4,4-dihexil-4H-ciclopenta[2,1-b:3,4-b']ditiofen-2-il)-2-cianoacrílico
- MKA253: ácido de (E)-3-(6-(4-(bis(5,7-dibutoxi-9,9-dimetil-9H-fluoren-2-il)amino)fenil)-4,4-dihexil-4H-ciclopenta[2,1-b:3,4-b']ditiofen-2-il)-2-cianoacrílico
- L0: ácido de 4-(difencilamino)fenilcianoacrílico
- L1: ácido de 5-[4-(difencilamino)fenil]tiofene-2-cianoacrílico
- L2: ácido de 3-(5-(4-(difencilamino)stiril)tiofen-2-il)-2-cianoacrílico

A continuación, se describe un ejemplo de un método para fabricar un primer ejemplo de una célula solar según la invención. El sustrato poroso 4 hecho de un material de aislamiento se infiltra con partículas de conducción y catalíticas que tienen un tamaño menor que el tamaño de poro del sustrato para formar una porción 4a de conducción del sustrato poroso. Una capa de material de aislamiento se deposita en un lado del sustrato poroso para formar una porción 4b de aislamiento. El material de aislamiento está hecho, por ejemplo, de microfibras de un material cerámico u orgánico. Un colorante que comprende partículas de conducción se deposita sobre la porción porosa de aislamiento para formar la primera capa 2 de conducción y un colorante que comprende partículas de conducción se deposita en un lado opuesto del sustrato poroso para formar la segunda capa 3 de conducción. La capa de aislamiento se deposita, por ejemplo, sobre el sustrato poroso mediante serigrafía, recubrimiento con troquel de ranura, pulverización o tendido en húmedo. Las capas de conducción porosas primera y segunda se depositan, por ejemplo, sobre el sustrato poroso mediante serigrafía o cualquier otra técnica de impresión adecuada. Después de eso, se puede llevar a cabo un tratamiento térmico para sinterizar las capas de conducción primera y segunda. Una capa porosa de semiconducción se imprime sobre la primera capa de conducción. A continuación, la estructura que comprende la capa de semiconducción, la

5 porción de conducción, la porción de aislamiento y las capas de conducción primera y segunda se trata térmicamente para sinterizar la capa porosa de semiconducción y, si no se trata previamente térmicamente, también puede tener lugar la sinterización de las capas de conducción primera y segunda. La capa de semiconducción puede infiltrarse mediante un colorante que comprende un colorante, formando así la capa de absorción de luz. Un colorante que comprende el medio de conducción se deposita de modo que la capa de absorción de luz, la primera capa de conducción, la capa de aislamiento y una parte superior 4a' de la porción de conducción sea penetrada por el medio de conducción. La parte inferior 4a" y la segunda capa 3 de conducción no son penetradas por el medio de conducción, economizando así el medio de conducción.

10 A continuación, se describe un ejemplo de un método para fabricar una célula solar según la descripción con referencia a las Figuras 4 y 5. La Figura 4 y 5 ilustra las secuencias de deposición en el método de fabricación.

15 Etapa 1: un agente de bloqueo se deposita en un lado superior de un sustrato 4 hecho de un material de aislamiento, para formar una capa 7 de bloqueo en una porción 4b de aislamiento del sustrato 4. La capa de bloqueo se deposita para impedir físicamente que las partículas de conducción se infiltren completamente a otro lado del sustrato. Por lo tanto, la capa 7 de bloqueo impide el contacto físico y eléctrico directo entre la primera capa de conducción y las partículas de conducción. La capa de bloqueo puede consistir en polímeros, partículas cerámicas, fibras poliméricas, fibras de vidrio, carbon nanotubes (nanotubos de carbono - CNT), nanocelulosa o microfibrillated cellulose (celulosa microfibrilada - MFC). Es ventajoso usar fibras como agente de bloqueo en la capa de bloqueo.
20 Es ventajoso usar fibras con un diámetro muy pequeño.

25 Etapa 2: el sustrato poroso 4 se infiltra desde un lado inferior del sustrato con partículas de conducción y teniendo las partículas de conducción o las partículas de conducción y catalíticas un tamaño menor que el tamaño de poro del sustrato para formar una porción 4a de conducción en una primera porción del sustrato.

30 Etapa 3: se imprime un colorante que comprende partículas de conducción en el lado superior del sustrato poroso 4 para formar la primera capa 2 de conducción.

35 Etapa 4: un colorante que comprende partículas de conducción se imprime en el lado inferior del sustrato poroso 4 para formar la segunda capa 3 de conducción.

40 Etapa 5: la estructura se trata térmicamente para quemar la capa 10 de bloqueo, así como la porción 4b de aislamiento y la porción 4a de conducción.

45 Etapa 6: una capa de electrodo de TiO₂ se deposita sobre la primera capa 2 de conducción para formar el electrodo de trabajo, es decir, la capa 1 de absorción de luz.

50 Etapa 7: la estructura se trata térmicamente para sinterizar el electrodo de TiO₂. Las capas 2, 3 de conducción se puede sinterizar en la misma etapa de tratamiento térmico o en una etapa anterior.

55 Etapa 8: el electrodo de TiO₂ se infiltra con un colorante.

60 Etapa 9: se deposita un medio de conducción para que los poros de la capa de TiO₂, es decir, la capa 1 de absorción de luz, la primera capa 2 de conducción, la porción 4b de aislamiento y la primera parte 4a' de la porción de conducción se llenen con medio de conducción. La segunda parte (4a") de la porción de conducción se mantiene a una temperatura más baja, impidiendo así que el medio de conducción penetre hacia esa parte.

65 La invención no se limita al ejemplo descrito anteriormente y puede variarse dentro del alcance de las reivindicaciones. Como ejemplo, los materiales utilizados para las diferentes capas pueden variar dependiendo de la relación de eficacia/coste deseada, así como de la disponibilidad de los diferentes materiales. Además, el método para fabricar una célula solar puede llevarse a cabo de muchas maneras diferentes dentro del alcance de las reivindicaciones. Por ejemplo, existen muchos tipos diferentes de tratamientos químicos que pueden realizarse en las diferentes capas de la célula solar, pero dichos tratamientos no son relevantes para la invención descrita.

70 Lista de números de referencia:

75 1: capa de absorción de luz

80 2: primera capa de conducción

85 3: segunda capa de conducción

90 3': sustancia catalítica

95 4: sustrato poroso

- 4a: porción de conducción
- 5 4a': primera parte de la porción de conducción
- 4a'': segunda parte de la porción de conducción
- 4b: porción de aislamiento
- 10 5: medio de conducción
- 6: red de conducción
- 15 7: capa de bloqueo

REIVINDICACIONES

1. Una célula solar que comprende:
 - 5 - un electrodo de trabajo que incluye una capa (1) porosa de absorción de luz,
 - una primera capa (2) porosa de conducción para extraer electrones fotogenerados de la capa de absorción de luz, en donde la capa de absorción de luz está dispuesta encima de la primera capa (2) de conducción,
 - 10 - un contraelectrodo que incluye una segunda capa (3) de conducción,
 - un sustrato poroso (4) dispuesto entre las capas (2, 3) de conducción primera y segunda, en donde el sustrato poroso comprende una porción (4a) de conducción, en contacto eléctrico con la segunda capa (3) de conducción y una porción (4b) de aislamiento dispuesta entre la primera capa (2) de conducción y la porción de conducción, y
 - 15 - un medio (5) de conducción para transportar cargas entre la porción (4a) de conducción y la capa (1) de absorción de luz, en donde el medio de conducción penetra la capa (1) de absorción de luz y la primera capa (2) de conducción,

caracterizada por que el medio de conducción penetra parcialmente el sustrato poroso (4) de modo que la porción (4b) de aislamiento del sustrato poroso comprenda el medio de conducción y una primera parte (4a') de la porción (4a) de conducción que hace tope con la porción (4b) de aislamiento comprenda el medio de conducción y una segunda parte (4a'') de la porción de conducción que hace tope con la segunda capa (3) de conducción está libre del medio de conducción.
2. La célula solar según la reivindicación 1, en donde el medio (5) de conducción está contenido en poros de la capa (1) de absorción de luz, en poros de la primera capa (2) de conducción, en poros de la porción (4b) de aislamiento del sustrato poroso (4) y en poros de la primera parte (4a') de la porción (4a) de conducción.
3. La célula solar según la reivindicación 2, en donde la porción (4a) de conducción comprende elementos catalíticos.
4. La célula solar según la reivindicación 3, en donde el sustrato poroso (4) comprende un material poroso de aislamiento y la porción (4a) de conducción comprende partículas de conducción y catalíticas alojadas en los poros y que forman una red (6) de conducción a través del material de aislamiento y en donde el medio de conducción está en contacto eléctrico y catalítico con la red de conducción en la primera parte de la porción de conducción.
5. La célula solar según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la distancia entre la capa (1) de absorción de luz y la primera parte (4a') es entre 0,2 μm y 60 μm , y preferiblemente entre 0,8 y 50 μm .
6. La célula solar según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el espesor de la porción (4a) de conducción es inferior a 1 mm, y preferiblemente inferior a 100 μm .
7. La célula solar según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el espesor de la porción (4b) de aislamiento es entre 0,1 μm y 40 μm , y preferiblemente entre 0,5 μm y 20 μm .
8. La célula solar según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el espesor de la primera capa (2) de conducción es entre 0,1 μm y 40 μm , y preferiblemente entre 0,3 y 20 μm .
9. La célula solar según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el espesor de la primera parte (4a') de la porción (4a) de conducción es menor que el espesor de la segunda parte (4a'') de la porción de conducción.
10. La célula solar según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el espesor del sustrato poroso (4) es entre 10 μm y 1 mm.
11. La célula solar según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la porción (4b) de aislamiento es una parte integral del sustrato poroso (4).
12. La célula solar según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el medio (5) de conducción comprende iones de cobre.
13. La célula solar según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el tamaño de poro promedio del sustrato poroso (4) es mayor que el tamaño de poro promedio de la primera capa (2) de conducción, y en donde el tamaño de poro promedio de la primera capa de conducción es mayor que el tamaño de poro promedio de la capa (1) de absorción de luz.

14. La célula solar según la reivindicación 4, en donde las partículas de conducción y catalíticas comprende por ejemplo uno o más de: PEDOT, carbono, platino, titanio, aleaciones de titanio, níquel, aleaciones de níquel, materiales a base de carbono, óxidos conductores, nitruros conductores, carburos conductores, siliciuros conductores, FTO platinado, ATO, ITO, grafeno y partículas de nanotubo de carbono.
- 5
15. Un método para fabricar la célula solar según la reivindicación 1, en donde el sustrato poroso (4) tiene un lado superior y un lado inferior, y el método comprende:
- 10
- preparar (S1) el sustrato poroso (4) de modo que el sustrato poroso comprenda una porción (4a) de conducción en el lado inferior del sustrato poroso y una porción (4b) de aislamiento en el lado superior del sustrato poroso,
 - depositar (S2) una capa porosa de conducción en el lado superior del sustrato poroso para formar la primera capa (2) de conducción,
 - 15 - depositar (S3) la segunda capa (3) de conducción de modo que la porción (4a) de conducción esté en contacto eléctrico con la segunda capa de conducción,
 - depositar (S4) una capa porosa de semiconducción encima de la primera capa (2) de conducción para formar la capa (1) de absorción de luz, caracterizado por que el método comprende:
 - 20 - depositar (S5) un medio (5) de conducción sobre la capa (1) de absorción de luz, y depositar el medio de conducción hasta que el medio de conducción haya entrado en la capa (1) de absorción de luz, la primera capa (2) de conducción y parcialmente el sustrato poroso (4) de modo que la porción (4b) de aislamiento del sustrato poroso comprenda el medio de conducción y una primera parte (4a') de la porción de conducción que hace tope con la porción (4b) de aislamiento comprenda el medio de conducción y una segunda parte (4a'') de la porción de conducción que hace tope con la segunda capa de conducción está libre del medio de conducción.
- 25
16. El método según la reivindicación 15, en donde el medio (5) de conducción está comprendido en un líquido o gel.
- 30
17. El método según la reivindicación 16, en donde la capa (1) de absorción de luz, el sustrato poroso (4) y la primera capa (2) de conducción se preparan de modo que la primera capa (2) de conducción tenga un tamaño de poro que sea más pequeño que el tamaño de poro del sustrato poroso (4) y de modo que la capa (1) de absorción de luz tenga un tamaño de poro que sea más pequeño que el tamaño de poro de la primera capa (2) de conducción y en donde la acción capilar impedirá que el líquido o el gel fluyan a la primera capa de conducción hasta que la capa de absorción de luz esté saturada y al sustrato poroso hasta que la primera capa de conducción esté saturada e impida que el líquido o el gel fluyan a la porción (4a) de conducción hasta que la porción (4b) de aislamiento esté saturada e impida que el líquido o el gel fluyan a la segunda parte (4a'') de la porción de conducción.
- 35

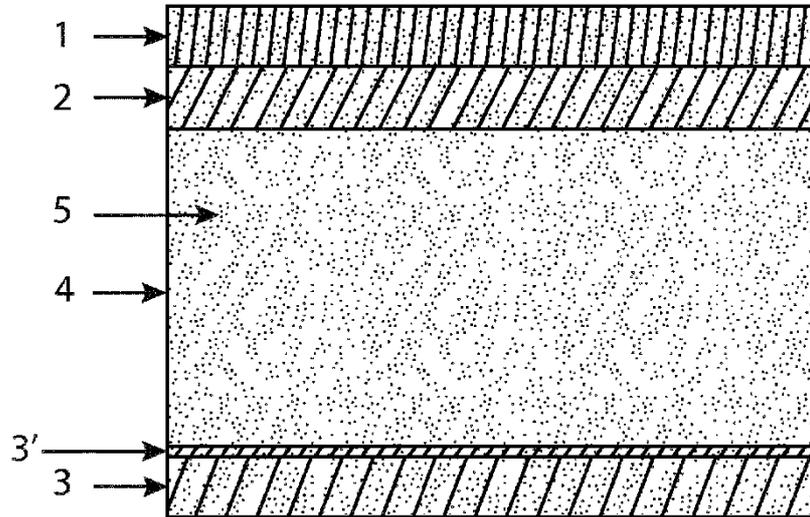


Fig. 1a
(Técnica anterior)

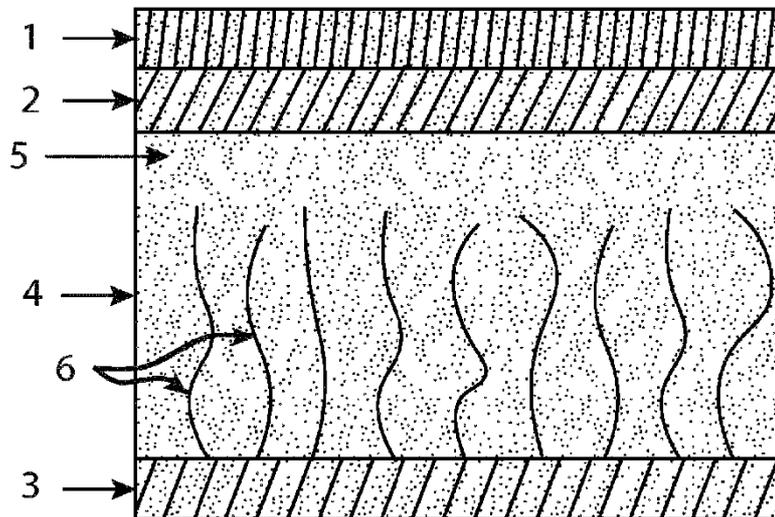


Fig. 1b
(Técnica anterior)

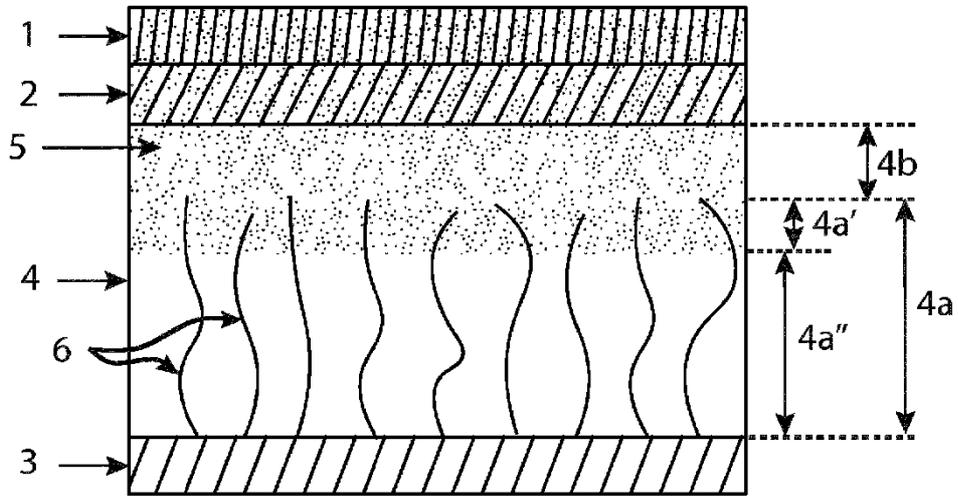


Fig. 2

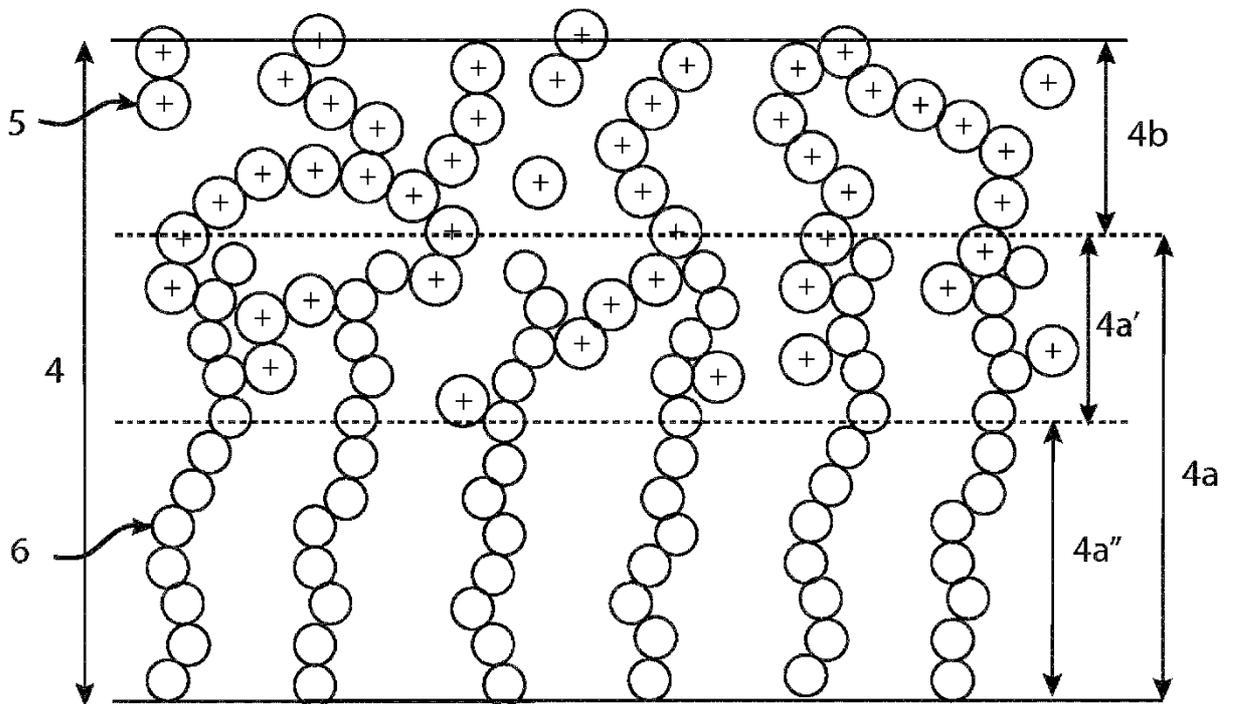


Fig. 3

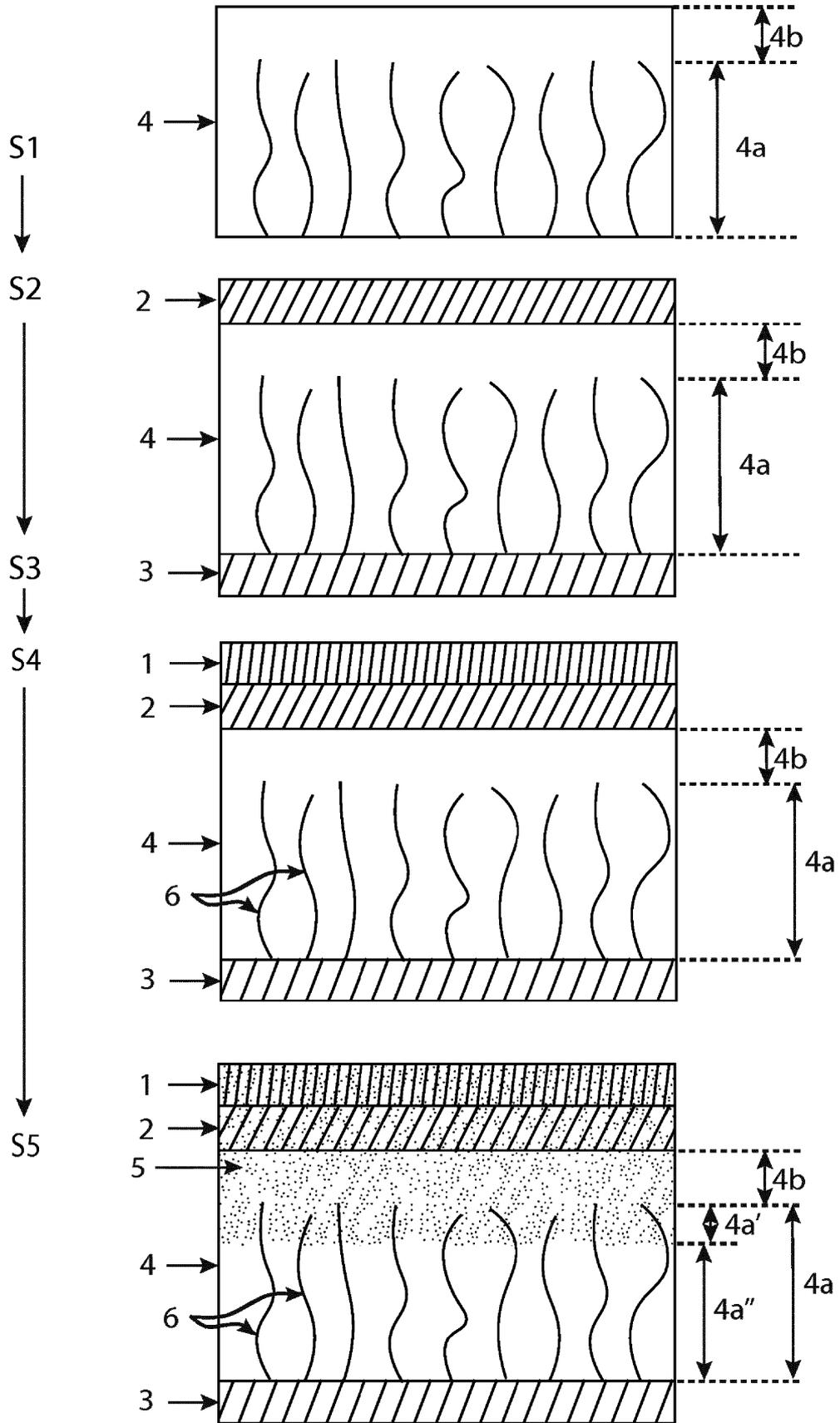


Fig. 4

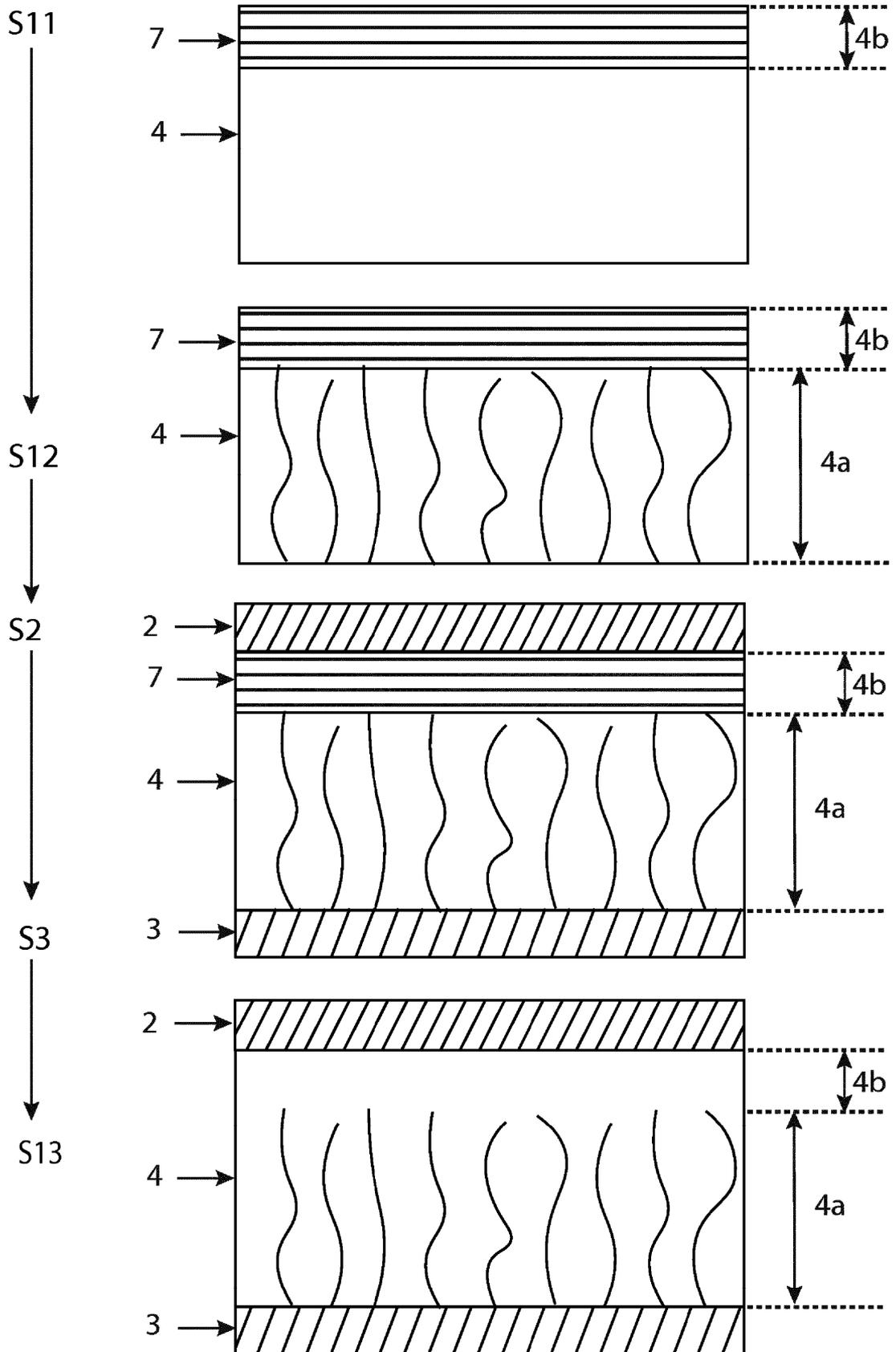


Fig. 5