

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 761 201**

51 Int. Cl.:

H01G 9/20 (2006.01)

B32B 5/26 (2006.01)

D04H 5/12 (2012.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.03.2013 PCT/EP2013/054790**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.10.2013 WO13149789**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.03.2013 E 13710341 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.10.2019 EP 2834824**

54 Título: **Célula solar sensibilizada por colorante que incluye un sustrato de material compuesto**

30 Prioridad:

04.04.2012 SE 1230033
28.12.2012 SE 1200791

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
19.05.2020

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

LINDSTRÖM, HENRIK y
FILI, GIOVANNI

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 761 201 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

Célula solar sensibilizada por colorante que incluye un sustrato de material compuesto

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a una célula solar sensibilizada por colorante que incluye un sustrato de aislamiento poroso compuesto por microfibras, que tiene una primera capa conductora formada en un lado del sustrato de aislamiento poroso, y una segunda capa conductora dispuesta en el lado opuesto del sustrato poroso. La presente invención se refiere además a un sustrato de aislamiento poroso para una célula solar sensibilizada por colorante. La presente invención también se refiere a un método para producir el sustrato de aislamiento poroso y las capas conductoras.

Técnica anterior

Las células solares sensibilizadas por colorante (DSC) han estado en desarrollo durante los últimos 20 años y funcionan siguiendo principios similares a la fotosíntesis. A diferencia de las células solares de silicio, estas células obtienen energía de la luz solar mediante el uso de colorantes que pueden fabricarse de manera económica, respetuosa con el medio ambiente y en abundancia.

Una célula solar sensibilizada por colorante de tipo sándwich convencional tiene una capa de electrodo de TiO_2 porosa de algunos μm de grosor depositada sobre un sustrato conductor transparente. El electrodo de TiO_2 comprende partículas de óxido metálico de TiO_2 interconectadas teñidas mediante la adsorción de moléculas de colorante sobre la superficie de las partículas de TiO_2 y que forman un electrodo de trabajo. El sustrato conductor transparente es normalmente un óxido conductor transparente depositado sobre un sustrato de vidrio. La capa de óxido conductor transparente cumple la función de un contacto posterior que extrae electrones fotogenerados del electrodo de trabajo. El electrodo de TiO_2 está en contacto con un electrolito y otro sustrato conductor transparente, es decir, un contraelectrodo.

El colorante recoge la luz solar, produciendo electrones fotoexcitados que se inyectan en la banda de conducción de las partículas de TiO_2 y el sustrato conductor también la recoge. Al mismo tiempo, iones I^- en el electrolito redox reducen el colorante oxidado y transportan las especies aceptoras de electrones generadas al contraelectrodo. Los dos sustratos conductores están sellados en los bordes para proteger los módulos de DSC frente a la atmósfera circundante y para impedir la evaporación o fuga de los componentes de DSC dentro de la celda.

El documento WO 2011/096154 da a conocer un módulo de DCS de tipo sándwich que incluye un sustrato de aislamiento poroso, un electrodo de trabajo que incluye una capa metálica conductora porosa formada encima del sustrato de aislamiento poroso y que crea un contacto posterior, y una capa semiconductor porosa que contiene un colorante adsorbido dispuesto encima de la capa metálica conductora porosa, un sustrato transparente orientado hacia la capa semiconductor porosa, adaptada para orientarse hacia el sol y para transmitir la luz solar a la capa semiconductor porosa. El módulo de DSC incluye además un contraelectrodo que incluye un sustrato conductor dispuesto en un lado opuesto a la capa semiconductor porosa del sustrato de aislamiento poroso, y a una distancia del sustrato de aislamiento poroso, formando de ese modo un espacio entre el sustrato de aislamiento poroso y el conductor sustrato. Se llena un electrolito en el espacio entre el electrodo de trabajo y el contraelectrodo. La capa metálica conductora porosa puede crearse usando una pasta que incluye partículas metálicas o a base de metal, que se aplica encima del sustrato de aislamiento poroso mediante impresión, y seguido por calentamiento, secado y horneado. Una ventaja con este tipo de módulo de DSC es que la capa conductora del electrodo de trabajo está dispuesta entre el sustrato de aislamiento poroso y la capa semiconductor porosa. Por tanto, la capa conductora de la celda de trabajo no tiene que ser transparente, y puede estar compuesta por un material de alta conductividad, lo que aumenta la capacidad de manipulación de corriente del módulo de DSC y garantiza la alta eficacia del módulo de DSC.

Hay altas exigencias en cuanto al sustrato de aislamiento poroso. Un sustrato de aislamiento poroso ideal debe satisfacer los siguientes requisitos:

El sustrato debe tener suficiente resistencia mecánica como para soportar la manipulación y el procesamiento mecánicos. Durante el procesamiento de la DSC, el sustrato se somete a manipulación mecánica, tal como: procedimientos de corte, procesos de apilamiento y desapilamiento, procedimientos de impresión, procedimientos de secado, procedimientos de sinterización por aire/vacío, procedimientos de sellado, etc. Los sustratos con baja resistencia mecánica pueden sufrir daños durante la manipulación y el procesamiento, lo que da como resultado células solares defectuosas, lo que reduce el rendimiento de fabricación.

El sustrato debe tener suficiente resistencia a alta temperatura y mostrar baja deformación mecánica y/o una pequeña pérdida en la estabilidad mecánica después del tratamiento a alta temperatura. Durante el procesamiento, el sustrato se somete a temperaturas de 500°C en aire y $(580 - 650)^\circ\text{C}$ en el vacío o en atmósfera inerte. El sustrato debe soportar temperaturas en aire de hasta 500°C sin deformación mecánica o pérdida de estabilidad mecánica

significativa. El sustrato debe soportar temperaturas en el vacío o en atmósfera inerte de al menos hasta 580°C o más sin deformación mecánica o pérdida de estabilidad mecánica significativa.

5 El sustrato debe ser químicamente inerte al procesamiento a alta temperatura. Durante los diversos tratamientos a alta temperatura, el sustrato se expone, por ejemplo, a aire caliente, aire caliente que contiene solventes orgánicos, aire caliente que contiene productos de combustión orgánicos y a gas hidrógeno. El sustrato debe ser químicamente inerte a todos estos tratamientos a alta temperatura y no reaccionar químicamente para producir compuestos que puedan ser perjudiciales para la DSC.

10 El sustrato debe soportar los productos químicos usados en la DSC. La DSC contiene sustancias activas tales como, por ejemplo, disolventes orgánicos, colorantes orgánicos e iones tales como I^- y I^{3-} etc. Para tener un buen rendimiento, estabilidad y vida útil de la DSC, el sustrato no debe reaccionar con las sustancias activas de la DSC, alterar la composición química de la DSC ni producir compuestos que puedan ser perjudiciales para la DSC.

15 El sustrato debe permitir el transporte rápido de iones entre los electrodos. Para tener un transporte de iones rápido entre los electrodos, el sustrato debe tener una porosidad suficientemente alta (fracción de volumen de poros) y baja tortuosidad.

20 El sustrato debe ser eléctricamente aislante. Esto es para impedir el cortocircuito eléctrico entre el contraelectrodo y el colector de corriente.

25 La distancia entre el contraelectrodo y el electrodo de trabajo se ve afectada por el grosor del sustrato. La distancia entre el contraelectrodo y el electrodo de trabajo debe ser lo más pequeña posible, de modo que el transporte de iones entre el contraelectrodo y el electrodo de trabajo sea lo más rápido posible. Por tanto, el grosor del sustrato debe ser lo más delgado posible.

30 El sustrato debe tener capacidad suficiente como para bloquear la filtración de las partículas conductoras en la tinta de impresión a través del sustrato. Para evitar cortocircuitos eléctricos entre las capas conductoras impresas en ambos lados del sustrato, el sustrato debe poder bloquear la filtración de las partículas conductoras impresas en un lado del sustrato al otro lado del sustrato.

Para resumir, el sustrato de aislamiento poroso debe permitir que pasen iones a través del sustrato e impedir que pasen partículas a través del sustrato, y debe tener propiedades mecánicas suficientes.

35 En el documento WO 2011/096154 se propone usar un elemento compacto de fibra de vidrio moldeada como sustrato de aislamiento poroso. El elemento compacto de fibra de vidrio moldeada puede ser material textil de vidrio tejido que contiene fibras de vidrio, o fibra de vidrio no tejida en forma de una lámina que tiene fibras de vidrio, que se unen mediante medios adecuados.

40 Mediante el uso de sustratos a base de vidrio compatibles con alta temperatura, es posible satisfacer la mayoría de los requisitos anteriores. Sin embargo, si el sustrato está compuesto por microfibras de vidrio no tejidas, el sustrato debe hacerse muy grueso para soportar la manipulación y el procesamiento mecánicos durante la fabricación de la célula solar. Esto se debe al hecho de que las microfibras de vidrio no tejidas tienen propiedades mecánicas muy deficientes y, por consiguiente, los sustratos basados en microfibras de vidrio no tejidas deben producirse con grosores muy altos para aumentar su estabilidad mecánica. Un sustrato con alto grosor conduce a una gran distancia entre el contraelectrodo y el electrodo de trabajo y, por consiguiente, a un transporte muy lento de iones entre el contraelectrodo y el electrodo de trabajo.

50 Las fibras de vidrio tejidas, es decir, el material textil de vidrio, incluyen hilos tejidos de microfibras de vidrio, donde cada hilo de fibra de vidrio consiste en múltiples microfibras de vidrio. Las fibras de vidrio tejidas son de manera inherente mecánicamente más fuertes en comparación con las fibras de vidrio no tejidas. Además, el grosor de las fibras tejidas puede hacerse muy delgado con resistencia mecánica mantenida. Sin embargo, las fibras tejidas a menudo tienen grandes orificios entre los hilos tejidos, lo que hace que una gran cantidad de partículas en las tintas impresas pasen directamente a través del sustrato de manera incontrolada a través del área completa de la fibra tejida, produciendo un cortocircuito eléctrico entre el contraelectrodo y el colector de corriente. Por tanto, los agujeros en el material textil dificultan la aplicación de una tinta que incluye partículas metálicas o a base de metal en ambos lados del sustrato de aislamiento poroso sin crear un cortocircuito eléctrico, a menos que las partículas sean mucho más grandes que los orificios. Sin embargo, tener partículas tan grandes en la tinta hace que las capas metálicas conductoras sean demasiado gruesas. Las capas metálicas conductoras gruesas aumentarán la distancia entre el contraelectrodo y el electrodo de trabajo, dando como resultado un transporte de iones más lento entre el contraelectrodo y el electrodo de trabajo.

65 El documento US 2006/166582 da a conocer filtros punzonados a alta temperatura de material compuesto fabricados mediante el punzonado de bandas de fibras cortadas para dar una capa de bucarán de fibra de vidrio tejido para generar una integridad estructural superior a los filtros punzonados de las fibras cortadas de peso equivalente y menos emisión de material particulado que el material textil de fibra de vidrio tejido de peso

equivalente cuando se usa para aplicaciones de filtración.

El documento WO2007134742 da a conocer una célula solar sensibilizada por color que comprende un sustrato de soporte conductor recubierto con una capa semiconductor de óxido metálico, una capa de color implementada para interactuar electrónicamente con la capa semiconductor de óxido metálico, una capa de electrolito que se aplica a la capa de color y un contraelectrodo que está conectado a la capa de electrolito. El sustrato de soporte y/o el contraelectrodo está(n) compuesto(s) por un material textil flexible compuesto por una pluralidad de fibras entreteladas.

Objeto y sumario de la invención

El objeto de la presente invención es proporcionar una célula solar sensibilizada por colorante que tiene un sustrato de aislamiento poroso que cumple los requisitos mencionados anteriormente.

Este objeto se logra con una célula solar sensibilizada por colorante tal como se define en la reivindicación 1.

La célula solar sensibilizada por colorante incluye un electrodo de trabajo, una primera capa conductora para extraer electrones fotogenerados del electrodo de trabajo, un sustrato de aislamiento poroso compuesto por microfibras, en la que la primera capa conductora es una capa conductora porosa formada en un lado del sustrato de aislamiento poroso, un contraelectrodo que incluye una segunda capa conductora dispuesta en el lado opuesto del sustrato poroso, y electrolito para transferir electrones desde el contraelectrodo hasta el electrodo de trabajo. La célula solar se caracteriza porque el sustrato de aislamiento poroso comprende una capa de microfibras tejidas y una capa de microfibras no tejidas dispuesta sobre la capa de microfibras tejidas en un primer lado del sustrato.

Una microfibras es una fibra que tiene un diámetro menor de 10 µm y mayor de 1 nm.

Se ha encontrado que combinando las propiedades de las microfibras tejidas y no tejidas, es posible lograr todos los requisitos anteriores para un sustrato de aislamiento poroso ideal. Un material textil tejido puede hacerse muy delgado y mecánicamente muy fuerte, pero contiene grandes orificios entre los hilos tejidos. Por otro lado, la microfibras no tejida es mecánicamente débil, pero tiene excelentes propiedades de filtración lo que bloquea que se filtren las partículas conductoras en la tinta de impresión a través del sustrato de aislamiento poroso. Al depositar una capa delgada de microfibras no tejidas encima de una capa de microfibras tejidas, es posible impedir que las partículas en las tintas pasen directamente a través de la fibra tejida, y es posible cumplir con todos los requisitos anteriores. La capa frágil delgada de microfibras no tejidas se estabiliza mecánicamente mediante la capa de soporte de microfibras tejidas.

Según una realización de la invención, la primera capa conductora está dispuesta sobre la capa de microfibras no tejidas. La capa no tejida proporciona una superficie lisa sobre el sustrato, adecuada para aplicar una capa conductora lisa sobre el sustrato mediante impresión.

Según una realización de la invención, la capa de microfibras tejidas comprende hilos con orificios formados entre los hilos tejidos individuales, y al menos una parte de las microfibras no tejidas se acumulan en los orificios entre los hilos. Por tanto, el grosor de la capa de microfibras no tejidas varía dependiendo de las ubicaciones de los orificios en la capa de microfibras tejidas, de manera que la capa de microfibras no tejidas es más gruesa en los orificios en la capa de microfibras tejidas y más delgada encima de los hilos de capa de microfibras tejidas. La capa de microfibras no tejidas penetra en los orificios entre los hilos. Esta realización reduce el grosor de la capa de microfibras no tejidas y posibilita proporcionar un sustrato delgado. De ese modo, la distancia entre el contraelectrodo y el electrodo de trabajo se hace pequeña y el transporte de iones entre el contraelectrodo y el electrodo de trabajo se hace rápido. El grosor del sustrato se reduce significativamente en comparación con proporcionar una capa de microfibras no tejidas gruesa de manera uniforme encima de una lámina de fibras tejidas, tales como apilando una lámina de fibras no tejidas encima de una lámina de fibras tejidas.

Según una realización de la invención, el sustrato de aislamiento poroso comprende una segunda capa de microfibras no tejidas dispuesta sobre la capa de microfibras tejidas en un segundo lado del sustrato. Al proporcionar una segunda capa de microfibras no tejidas en el otro lado de la capa de microfibras tejidas, se logra un sustrato simétrico y más estable mecánicamente, y se impide que el sustrato se enrolle durante el tratamiento térmico durante la fabricación de la célula solar. Adicionalmente, la segunda capa de microfibras no tejidas potencia además el bloqueo del paso de partículas conductoras en las tintas directamente a través de las fibras tejidas. Esta realización proporciona una superficie lisa en ambos lados del sustrato y por tanto posibilita aplicar capas conductoras lisas en ambos lados del sustrato mediante impresión. Preferiblemente, la segunda capa conductora se dispone en el segundo lado del sustrato sobre la segunda capa de microfibras no tejidas.

Según una realización de la invención, la capa de microfibras tejidas está compuesta por hilos tejidos que incluyen una pluralidad de microfibras, denominados a continuación filamentos, y el diámetro de las microfibras en la capa de microfibras no tejidas es más pequeño que el diámetro de los filamentos en la capa de microfibras tejidas. Esta realización permite que las fibras se acumulen en los orificios entre los hilos y por tanto bloqueen los orificios.

5 Según una realización de la invención, la capa de microfibras tejidas está compuesta por microfibras cerámicas, tales como un material textil de vidrio. Las microfibras cerámicas son mecánicamente muy fuertes y pueden realizarse muy delgadas y todavía ser suficientemente fuertes. Las microfibras cerámicas también pueden soportar las altas temperaturas usadas en el tratamiento térmico de la célula solar durante el procedimiento de fabricación. Las microfibras cerámicas son fibras compuestas por un material refractario e inerte, tal como vidrio, sílice (SiO₂), alúmina (Al₂O₃), aluminosilicato y cuarzo.

10 Según una realización de la invención, la capa de microfibras no tejidas está compuesta por microfibras cerámicas, tales como microfibras de vidrio no tejidas. Las microfibras cerámicas pueden soportar las altas temperaturas usadas en el tratamiento térmico de la célula solar durante el procedimiento de fabricación.

15 Según una realización de la invención, el grosor de la capa de microfibras tejidas es de entre 4 µm y 30 µm, preferiblemente entre 4 µm y 20 µm y más preferiblemente entre 4 µm y 10 µm. Una capa de este tipo proporciona la resistencia mecánica requerida al mismo tiempo que es suficientemente delgada como para permitir un transporte rápido de iones entre el contraelectrodo y el electrodo de trabajo.

20 Según una realización de la invención, las microfibras en la capa de microfibras no tejidas tienen un diámetro de menos de 4 µm, preferiblemente menor de 1 µm, y más preferiblemente menor de 0,5 µm. El uso de fibras muy delgadas reduce el grosor de la capa de microfibras no tejidas y por consiguiente el grosor del sustrato. Además, las fibras delgadas bloquean eficazmente los orificios en la capa de microfibras tejidas e impiden que las partículas conductoras se filtren a través del sustrato y por tanto impiden la formación de un cortocircuito eléctrico.

25 Un objeto adicional de la presente invención es proporcionar un sustrato de aislamiento poroso que cumpla los requisitos mencionados anteriormente. Este objeto se logra con un sustrato de aislamiento poroso. El sustrato de aislamiento poroso comprende una capa de microfibras tejidas y una capa de microfibras no tejidas dispuesta sobre la capa de microfibras tejidas. Preferiblemente, las microfibras tejidas están compuestas por microfibras cerámicas. Las características adicionales descritas anteriormente relacionadas con el sustrato de aislamiento poroso de la célula solar también pueden aplicarse al propio sustrato de aislamiento poroso.

30 Según una realización de la invención, la capa de microfibras tejidas y la capa de microfibras no tejidas están compuestas por microfibras cerámicas, tales como microfibras de vidrio. Las microfibras cerámicas son mecánicamente muy fuertes y pueden realizarse muy delgadas y todavía ser suficientemente fuertes.

35 Según otra realización de la invención, la capa de microfibras no tejidas comprende microfibras orgánicas. Las microfibras orgánicas son fibras compuestas por materiales orgánicos, tales como polímeros, por ejemplo, policaprolactona, PET o PEO, y celulosa, por ejemplo nanocelulosa (MFC) o pasta de madera. Es posible usar microfibras orgánicas en la capa de microfibras no tejidas. Las microfibras orgánicas no pueden soportar las altas temperaturas usadas en el tratamiento térmico durante la fabricación de una célula solar sensibilizada por colorante. Sin embargo, las microfibras orgánicas pueden servir para el fin de bloquear que se filtren las partículas conductoras en las tintas directamente a través de las fibras tejidas durante la impresión y el secado de las tintas sobre el sustrato aislante poroso, reduciendo de ese modo el riesgo de cortocircuito eléctrico. Las microfibras orgánicas se eliminan entonces durante el tratamiento térmico a temperaturas superiores. Las fibras orgánicas son más flexibles y no son tan frágiles como las fibras cerámicas. Por tanto, mediante la adición de fibras orgánicas, aumenta la resistencia mecánica del sustrato, lo que por ejemplo es ventajoso durante un procedimiento de impresión y secado.

50 Según una realización adicional de la invención, la capa de microfibras no tejidas comprende microfibras orgánicas y microfibras cerámicas. La capa de microfibras no tejidas está compuesta por microfibras orgánicas y cerámicas. Una ventaja de mezclar microfibras orgánicas y microfibras cerámicas en la capa de microfibras no tejidas es que las microfibras orgánicas son más delgadas que las microfibras cerámicas, creando de ese modo una red de tamaño nanométrico de fibras orgánicas dentro de una red de tamaño micrométrico de fibras cerámicas y de ese modo reduciendo el tamaño de los orificios en la red de tamaño micrométrico. Las fibras orgánicas llenan los orificios entre las microfibras mejorando de ese modo la capacidad para bloquear las partículas en la tinta y por tanto evitando un cortocircuito. Además, mezclando microfibras orgánicas y microfibras cerámicas en la capa de microfibras no tejidas, se mejora la resistencia mecánica del sustrato en comparación con tener sólo microfibras cerámicas en el sustrato.

60 Otro objeto de la presente invención es proporcionar un método para producir un sustrato de aislamiento poroso que cumpla los requisitos mencionados anteriormente y una capa conductora porosa formada sobre el sustrato de aislamiento.

Este objeto se logra mediante un método tal como se define en la reivindicación 11.

El método comprende:

65 a) producir el sustrato de aislamiento poroso proporcionando un material textil de microfibras tejidas que comprende hilos con orificios formados entre ellos, preparar una disolución madre de fibras mezclando líquido y microfibras,

cubrir un primer lado del material textil con la disolución madre de fibras, drenar líquido de la disolución madre de fibras a través de los orificios en el material textil, y secar el material textil húmedo con las microfibras dispuestas sobre el material textil, y

- 5 b) depositar una tinta que comprende partículas conductoras sobre un lado del sustrato de aislamiento para formar una capa conductora porosa.

10 Mediante el drenaje del líquido de la disolución madre de fibras a través de los orificios en el material textil, las microfibras siguen al líquido y una parte principal de las microfibras no tejidas se acumulan en los orificios entre los hilos, y por consiguiente, se reduce el tamaño de los orificios entre los hilos. Este método posibilita fabricar un sustrato de aislamiento, que es lo suficientemente compacto como para impedir que partículas conductoras en la tinta pasen a través del sustrato y lo suficientemente delgado como para permitir un rápido transporte de iones entre el contraelectrodo y el electrodo de trabajo. La capa de fibras no tejidas encima de la capa de fibras tejidas proporciona una superficie lisa para imprimir.

15 Según una realización de la invención, el material textil está compuesto por microfibras cerámicas tejidas, y dicha disolución madre de fibras se prepara mezclando líquido y microfibras cerámicas.

20 Según una realización de la invención, la disolución madre de fibras se prepara mezclando líquido y microfibras orgánicas.

Según una realización de la invención, la disolución madre de fibras se prepara mezclando líquido, microfibras cerámicas y microfibras orgánicas.

25 La tinta se deposita encima de las microfibras dispuestas para formar una capa conductora porosa en un primer lado de un sustrato de aislamiento poroso. Según una realización de la invención, la etapa a) comprende además cubrir un segundo lado del material textil con la disolución madre de fibras, y drenar el líquido de la disolución madre de fibras a través de los orificios en el material textil, y la etapa b) comprende además: depositar la tinta sobre el segundo lado del material textil encima de las microfibras dispuestas, para formar una capa conductora porosa en un segundo lado del sustrato de aislamiento poroso. Esta realización proporciona una superficie lisa en ambos lados del sustrato y por tanto posibilita aplicar capas conductoras lisas en ambos lados del sustrato mediante impresión.

30 Según una realización de la invención, la etapa a) comprende además añadir un aglutinante a la disolución madre de fibras. La adición de un aglutinante a la disolución madre de fibras potencia la unión de fibras no tejidas entre sí y potencia la unión de fibras no tejidas al material textil. Además, añadir un aglutinante a la disolución madre de fibras posibilita reducir la cantidad de fibra añadida a la disolución para lograr una cobertura satisfactoria de los orificios en el material textil. Ejemplos de aglutinantes son, por ejemplo, pol(alcohol vinílico) (PVA), almidón, carboximetilcelulosa (CMC) y nanocelulosa, es decir, la denominada celulosa microfibrilada (MFC).

40 Según una realización de la invención, el método comprende además añadir uno o más aditivos seleccionados de un grupo que incluye un tensioactivo, un dispersante, un agente humectante, un desespumante, un adyuvante de retención y un agente modificador de reología, a la disolución madre de fibras. Mediante el uso de aditivos, es posible fabricar un sustrato más delgado y más denso con orificios más pequeños.

45 **Breve descripción de los dibujos**

Ahora se explicará la invención más detalladamente mediante la descripción de diferentes realizaciones de la invención y con referencia a las figuras adjuntas.

50 La figura 1 muestra una sección transversal a través de un módulo de células solares sensibilizadas por colorante según una realización de la invención.

La figura 2 muestra una imagen de microscopio óptico de un material textil de vidrio.

55 La figura 3 muestra una imagen de microscopio óptico de un material textil de vidrio tratado con 20 g de disolución madre de microfibras de vidrio en ambos lados.

La figura 4 muestra una imagen de microscopio óptico de un material textil de vidrio tratado con 80 g de disolución madre de microfibras de vidrio en ambos lados.

60 La figura 5 muestra una sección transversal a través de un sustrato de aislamiento poroso según una realización de la invención.

65 **Descripción detallada de realizaciones preferidas de la invención**

Ahora se explicará la invención más detalladamente mediante la descripción de diferentes realizaciones de la

invención y con referencia a las figuras adjuntas. La figura 1 muestra una sección transversal a través de una célula solar sensibilizada por colorante (DSC) según una realización de la invención. La DSC dada a conocer en la figura 1 es de tipo monolítico. La DSC comprende un electrodo 1 de trabajo y un contraelectrodo 2. El espacio entre el electrodo de trabajo y el contraelectrodo está lleno con un electrolito que incluye iones para transferir electrones desde el contraelectrodo hasta el electrodo de trabajo. El módulo de DSC comprende una capa conductora 3 para extraer electrones fotogenerados del electrodo 1 de trabajo. La capa conductora 3 sirve como contacto posterior y a continuación se denomina la capa de contacto posterior. El electrodo 1 de trabajo incluye una capa de electrodo de TiO_2 porosa dispuesta sobre la capa 3 de contacto posterior. El electrodo de TiO_2 comprende partículas de TiO_2 secadas mediante moléculas de colorante absorbente sobre la superficie de las partículas de TiO_2 . El electrodo de trabajo está situado en un lado superior del módulo de DCS. El lado superior debe orientarse hacia el sol para permitir que la luz solar incida en las moléculas de colorante del electrodo de trabajo.

El módulo de DSC incluye además un sustrato 4 de aislamiento poroso dispuesto entre el electrodo 1 de trabajo y el contraelectrodo 2. La porosidad del sustrato de aislamiento poroso permitirá el transporte iónico a través del sustrato. Por ejemplo, el sustrato 4 de aislamiento poroso está compuesto por una microfibras cerámica, tal como microfibras de vidrio. Los sustratos compuestos por microfibras cerámicas son aislantes eléctricos, pero son porosos y permiten de ese modo que penetren iones de electrolito y líquidos. Las microfibras cerámicas son económicas, químicamente inertes, pueden soportar altas temperaturas y son fáciles de manipular en diversas etapas del procedimiento.

El sustrato 4 de aislamiento poroso comprende una capa 5 de microfibras tejidas y una primera capa 6 de microfibras no tejidas dispuesta sobre la capa 5 de microfibras tejidas en un primer lado del sustrato. Esto hace que sea posible proporcionar un sustrato delgado y fuerte. La capa 3 de contacto posterior es una capa conductora porosa dispuesta en el primer lado del sustrato sobre la capa 6 de microfibras no tejidas. En la realización dada a conocer en la figura 1, el sustrato comprende además una segunda capa 7 de microfibras no tejidas dispuesta sobre la capa 5 de microfibras tejidas en un segundo lado del sustrato. Al proporcionar capas de microfibras no tejidas en ambos lados de la capa de microfibras tejidas, se logra un sustrato simétrico. Esto puede impedir que el sustrato se enrolle durante el tratamiento térmico durante la fabricación de la célula solar, y adicionalmente contribuye a impedir que las partículas en la tinta impresa pasen a través de la capa de microfibras tejidas. El sustrato 4 de aislamiento poroso se describirá en más detalle a continuación con referencia a la figura 5.

El contraelectrodo incluye una capa 2 conductora, denominada a continuación la capa de contraelectrodo. En esta realización, la capa 2 conductora es una capa conductora porosa dispuesta en el segundo lado del sustrato 4 de aislamiento poroso encima de la segunda capa 7 de microfibras no tejidas. Cuando se usa una capa conductora porosa como contraelectrodo, es parte del contraelectrodo opuesto al electrodo de trabajo. La capa 3 de contacto posterior y la capa 2 de contraelectrodo están separadas física y eléctricamente por el sustrato 4 de aislamiento poroso. Sin embargo, la capa de contacto posterior y la capa de contraelectrodo están conectadas eléctricamente a través de iones que penetran en el sustrato de aislamiento poroso. Las capas 2, 3 conductoras porosas pueden crearse usando una tinta que incluye partículas metálicas o a base de metal, que se aplican encima de la capa 4 de aislamiento porosa mediante impresión, y seguido por calentamiento, secado y horneado. Las partículas normalmente son de entre 0,1 - 10 μm , preferiblemente de entre 0,5 - 2 μm .

La DSC también incluye una primera lámina 8 que cubre un lado superior del módulo de DSC y una segunda lámina 9 que cubre un lado inferior del módulo de DSC y que actúan como barreras con el fin de proteger los módulos de DSC frente a la atmósfera circundante, y para impedir la evaporación o fuga de los componentes de la DSC dentro de la célula. La primera lámina 8 en el lado superior del módulo de DSC cubre el electrodo de trabajo y es necesario que sea transparente, permitiendo que pase la luz a su través.

Un sustrato poroso más delgado es mejor, porque una pequeña distancia entre el electrodo de trabajo y el contraelectrodo proporciona pérdidas mínimas en la resistencia a la difusión del electrolito. Sin embargo, si el sustrato es demasiado delgado, la resistencia mecánica del sustrato será demasiado baja. Preferiblemente, el grosor del sustrato de aislamiento poroso es mayor de 4 μm y menor de 100 μm . Más preferiblemente, el grosor del sustrato de aislamiento poroso es menor de 50 μm . El grosor del sustrato de aislamiento poroso normalmente es de entre 10 - 30 μm .

A continuación, se describirá en más detalle un ejemplo de sustrato aislante poroso según la invención. El sustrato aislante poroso se basa en una capa de material textil de vidrio compuesta por hilo tejido que incluye una pluralidad de fibras de vidrio. Las fibras tejidas son mucho más fuertes que las fibras no tejidas. Adicionalmente, una capa de fibras tejidas puede ser delgada con resistencia mecánica mantenida.

La figura 2 muestra una imagen de microscopio óptico de material textil de vidrio delgado de 15 μm (Asahi Kasei E-materials). Tal como puede observarse en la figura, el material textil de vidrio comprende hilo 10a-b tejido de fibras de vidrio. Cada hilo incluye una pluralidad de fibras de vidrio, también denominadas filamentos. El diámetro de un filamento es normalmente de 4 - 5 μm , y el número de filamentos en el hilo es normalmente de 50. El material textil de vidrio tiene grandes orificios 14 entre los hilos tejidos, lo que permitiría que una gran cantidad de las partículas

conductoras en la tinta impresa pase directamente a través de la fibra tejida de manera incontrolada. Este es un efecto no deseado. El tamaño de los orificios puede ser de hasta 200 μm . Con el fin de bloquear los orificios en el material textil, se disponen fibras de vidrio no tejidas encima del material textil. Esto puede realizarse sumergiendo el material textil en una disolución que contiene fibras de vidrio y retirando entonces la parte líquida de la disolución.

La figura 3 muestra una imagen de microscopio óptico del material textil de vidrio mostrado en la figura 2 tratado con 20 gramos de disolución madre de microfibras de vidrio en ambos lados, que corresponde a 0,04 miligramos de fibra de vidrio depositada por centímetro cuadrado en cada lado. Tal como puede observarse en la figura, el hilo tejido en el material textil de vidrio se cubre por las fibras de vidrio no tejidas dispuestas. También puede observarse a partir de la figura 3 que el tamaño de los orificios en el material textil se reduce. Sin embargo, no se logra la cobertura completa de los orificios en el material textil de vidrio.

La figura 4 muestra una imagen de microscopio óptico del material textil de vidrio mostrado en la figura 2 tratado con 80 gramos de disolución madre de microfibras de vidrio en ambos lados, que corresponde a 0,16 miligramos de fibra de vidrio depositada por centímetro cuadrado en cada lado. Tal como se muestra a partir de la figura 4, los orificios están ahora cubiertos por las microfibras de vidrio. Obviamente, puede lograrse la cobertura completa de los orificios en el material textil de vidrio aumentando la cantidad de microfibras de vidrio. Por tanto, al depositar fibras de vidrio no tejidas encima de las fibras de vidrio tejidas es posible impedir que las partículas en las tintas impresas pasen directamente a través de las fibras tejidas.

Si se añade un aglutinante tal como, por ejemplo, aglutinantes inorgánicos tales como, silicatos, partículas de sílice coloidal, silanos (por ejemplo, silano lineal o silano ramificado o silano cíclico), y Al_2O_3 coloidal a la disolución madre de fibras que contiene las fibras de vidrio, las fibras de vidrio no tejidas pueden adherirse más fuerte a las fibras tejidas. Adicionalmente, la capa que consiste en las fibras no tejidas depositadas será mecánicamente más fuerte como tal. En consecuencia, al añadir un aglutinante a la disolución madre de fibras es posible formar una capa no tejida mecánicamente fuerte que se adhiere fuertemente a las fibras de vidrio tejidas.

Ejemplo 1

A continuación se describirá un ejemplo de un método para producir el sustrato poroso mostrado en la figura 4. Se dispuso un material textil de vidrio de 15 μm de grosor (Asahi Kasei E-materials), tal como se muestra en la figura 2, con 50 filamentos, con un diámetro de filamento de 4 μm , encima de un tamiz de tela metálica de acero inoxidable (33 cm x 33 cm) en un dispositivo de formación de láminas manual y se colocó un cilindro de disolución madre encima del material textil de vidrio y luego se cerró y se apretó. Se preparó una disolución madre de microfibras de vidrio mezclando 4000 gramos de agua destilada y 8 gramos de microfibras de vidrio (Johns Manville, microfibras de vidrio para uso especial tipo 90, diámetro de fibra: 0,2 μm) y 400 gramos de sílice coloidal de base acuosa (una disolución que contenía aproximadamente el 15% en peso de SiO_2 en agua) de manera que la concentración de sílice final fue del 1,4% en peso. La mezcla se realizó usando un dispensador discontinuo Ultraturax. El cilindro de disolución madre de la máquina de formación de láminas manual se llenó con agua destilada (que contenía un 1,4% en peso de sílice) hasta un nivel de 350 mm por encima de la superficie del tamiz de tela metálica. En la siguiente etapa, se vertieron 80 gramos de disolución madre de microfibras de vidrio en la máquina de formación de láminas manual. La disolución madre de fibras de vidrio y el agua destilada que contenía sílice se mezclaron mediante aire comprimido durante 4 segundos y luego se dejó sedimentar durante 6 segundos, tras lo cual se drenó el agua a través del material textil de vidrio y el tamiz de tela metálica. El material textil de vidrio tratado húmedo se secó a 110°C en aire en un horno de cinta. El material textil de vidrio se trató entonces en el otro lado usando los mismos parámetros de procedimiento que en el primer tratamiento. El sustrato resultante se muestra en la figura 4. Tal como puede observarse en la figura 4, el hilo tejido en el material textil de vidrio está completamente cubierto por las microfibras de vidrio no tejidas dispuestas. El grosor del material textil de vidrio con las microfibras de vidrio dispuestas fue de aproximadamente 30 μm . Esto significa que el grosor total de las dos capas de microfibras no tejidas es de aproximadamente 15 μm . Mediante el uso de un material textil de vidrio más delgado, es posible reducir adicionalmente el grosor del sustrato de aislamiento.

Ejemplo 2

Una variación del ejemplo 1 es que la disolución madre de microfibras se prepara mezclando 4000 gramos de agua destilada y 200 gramos de dispersión de nanocelulosa (dispersión de base acuosa de nanocelulosa que contiene el 2% en peso de nanocelulosa) y 400 gramos de sílice coloidal de base acuosa (una disolución que contiene el 15% en peso de SiO_2 en agua). Por tanto, las microfibras de vidrio cerámicas en la disolución madre de microfibras se reemplazan por microfibras orgánicas que consisten en nanocelulosa. El uso de nanocelulosa simplifica el procedimiento de fabricación porque puede usarse inmersión en lugar de usar un procedimiento de fabricación de papel.

Ejemplo 3

Otra variación del ejemplo 1 es que la disolución madre de microfibras se prepara mezclando 4000 gramos de agua

destilada y 2 gramos de microfibras de vidrio (Johns Manville, microfibra de vidrio para uso especial tipo 90, diámetro de fibra: 0,2 μm) y 200 gramos de dispersión de nanocelulosa (dispersión de base acuosa de nanocelulosa que contiene el 2% en peso de nanocelulosa) y 400 gramos de sílice coloidal de base acuosa (una disolución que contiene el 15% en peso de SiO_2 en agua). Por tanto, se usan ambas microfibras orgánicas que consisten en nanocelulosa y microfibras cerámicas que consisten en vidrio en la disolución madre de microfibras. Una vez que se ha secado el sustrato de aislamiento poroso, se deposita tinta con partículas conductoras sobre al menos un lado del sustrato encima de la capa de microfibras no tejidas, para formar una capa conductora porosa sobre el sustrato de aislamiento poroso. Si ha de fabricarse un módulo de DCS monolítico, la tinta se deposita sobre ambos lados del sustrato encima de las capas de microfibras no tejidas, para formar una capa conductora porosa en cada lado del sustrato de aislamiento poroso. Sin embargo, si ha de fabricarse un módulo de DCS de tipo sándwich, la tinta con partículas conductoras sólo se deposita sobre un lado del sustrato.

Para asegurarse de que las fibras en la disolución madre de microfibras se dispersan apropiadamente, resulta ventajoso añadir aditivos al agua destilada antes de mezclar el agua y las microfibras. Ejemplos de aditivos adecuados son tensioactivos, dispersantes, agentes humectantes, adyuvantes de retención, desespumantes y agentes modificadores de reología. Resulta ventajoso añadir uno o más de estos aditivos. Los aditivos se eliminan mediante quemado durante las siguientes etapas del procedimiento de fabricación de la célula solar, y como consecuencia, no permanecen en el producto final. El fin de los aditivos es lograr fibras individuales y no aglomeradas, de modo que las fibras individuales puedan depositarse de la manera más homogénea posible con el fin de proporcionar una capa de fibras individuales delgada y al mismo tiempo densa. Por tanto, mediante el uso de aditivos, es posible fabricar un sustrato más delgado y más denso con orificios más pequeños.

Mediante la adición de tensioactivos a la disolución madre de fibras y al agua de dilución, puede lograrse una deposición de microfibras más lisa y más homogénea. Además, resulta ventajoso añadir un agente humectante a la disolución madre de fibras de modo que el agua de dilución humedezca las fibras y el material textil. Además, al añadir un polímero soluble en agua a la disolución madre de fibras y al agua de dilución, puede lograrse una deposición de microfibras más lisa y más homogénea. Sin embargo, se encontró que, cuando se añadía el polímero era necesario añadir un agente desespumante con el fin de evitar la espumación excesiva durante los ciclos de llenado y agitación y drenaje del agua de dilución. También resulta ventajoso añadir aditivos de cambio de reología para cambiar la viscosidad de la disolución madre de fibras y el agua de dilución.

También es posible añadir aglutinantes a la disolución madre de fibras y al agua de dilución para potenciar la unión de fibras no tejidas entre sí y para potenciar la unión de fibras no tejidas al material textil. Los aglutinantes que pueden usarse son por ejemplo aglutinantes inorgánicos tales como, silicatos, partículas de sílice coloidal, silano, por ejemplo silano lineal, silano ramificado o silano cíclico, y Al_2O_3 coloidal.

También es posible añadir adyuvantes de retención a la disolución madre de fibras y al agua de dilución para mejorar la retención de las fibras en el sustrato de aislamiento poroso a medida que se forma. Puede usarse nanocelulosa como adyuvante de retención.

La figura 5 muestra una sección transversal a través de un sustrato 4 de aislamiento poroso fabricado según el método descrito en el ejemplo descrito anteriormente. El sustrato tiene una capa 5 de microfibras tejidas que incluye hilos 10 tejidos que comprenden una pluralidad de filamentos 11 y orificios 14 formados entre los hilos 10. Los hilos 10 tejidos están compuestos preferiblemente por microfibras cerámicas. El sustrato también incluye dos capas 6, 7 de microfibras no tejidas dispuestas en cada lado de la capa 5 de microfibras tejidas. Las capas 6, 7 de microfibras no tejidas pueden estar compuestas por microfibras cerámicas, microfibras orgánicas o una combinación de las mismas. Tal como puede observarse a partir de la figura, una parte principal de las microfibras no tejidas se acumula en los orificios 14 entre los hilos 10. Esto es una consecuencia del hecho de que el líquido de la disolución madre de fibras se drena a través de los orificios formados en el material textil. Esto conduce a que el grosor de las capas 6, 7 de microfibras no tejidas varía dependiendo de las ubicaciones de los orificios 14 en la capa de microfibras tejidas, de manera que la capa no tejida es más gruesa en los orificios 14 en la capa tejida y más delgada encima de los hilos 17 de la capa tejida. El lado de la capa 6, 7 no tejida que se orienta en sentido opuesto a la capa 5 tejida es liso, pero el lado opuesto de la capa no tejida que se orienta contra la capa tejida es irregular y tiene partes 16 gruesas que penetran en los orificios 14 de la capa tejida y partes 17 delgadas que se disponen encima de los hilos 10. La presente invención puede usarse para los tipos monolítico así como de sándwich de DCS.

Las microfibras no tejidas deben ser preferiblemente más delgadas que los filamentos en la capa de microfibras tejidas. Por tanto, si el diámetro de los filamentos es de aproximadamente 4 μm , las fibras en la capa de microfibras no tejidas deben tener un diámetro menor de 4 μm , preferiblemente menor de 1 μm , y más preferiblemente menor de 0,5 μm con el fin de bloquear los orificios de manera eficaz. La longitud de las fibras no tejidas es, por ejemplo de 100 nm - 3 mm. Por ejemplo, el diámetro de las fibras de nanocelulosa es normalmente de 5 - 10 nm y la longitud de las fibras es normalmente de varios μm . Sin embargo, también existen fibras de nanocelulosa que tienen un diámetro de 10 - 20 nm y una longitud de varios mm.

La presente invención no se limita a las realizaciones dadas a conocer, sino que puede variarse y modificarse dentro

del alcance de las siguientes reivindicaciones. Por ejemplo, la disolución madre de microfibras puede incluir microfibras de diferentes materiales y diámetros. Aunque los ejemplos anteriores usan microfibras de vidrio, la invención no se limita a microfibras de vidrio. Es posible usar otros tipos de microfibras cerámicas con propiedades similares. Además, las microfibras en la capa no tejida pueden estar compuestas por un material cerámico diferente al de las microfibras en la capa tejida. Además, las microfibras en la capa no tejida pueden estar compuestas por una microfibra orgánica tal como celulosa o polímero.

En una realización alternativa, el sustrato puede incluir una capa de microfibras no tejidas y una capa de microfibras tejidas laminadas entre sí.

En una realización alternativa, el sustrato tiene sólo una capa de microfibras no tejidas, dispuestas en un lado de una capa de microfibras tejidas. Aunque resulta ventajoso tener capas no tejidas en ambos lados de la capa tejida, no es necesario. Es posible depositar capas conductoras en ambos lados del sustrato, aunque sólo uno de los lados de la capa tejida se ha dotado de una capa de microfibras no tejidas. La capa conductora puede imprimirse sobre la capa no tejida así como sobre la capa tejida. Un sustrato que tiene capas no tejidas depositadas sobre ambos lados de la capa tejida puede cubrirse con una capa conductora en un lado así como en ambos lados.

En una realización alternativa, el sustrato de aislamiento poroso sólo tiene una capa de microfibras no tejidas, dispuesta en un lado de una capa de microfibras tejidas y la capa conductora se deposita sobre el otro lado de las microfibras tejidas, es decir la capa conductora se deposita sobre las microfibras tejidas y no sobre las microfibras no tejidas.

El sustrato aislante poroso es un material poroso y químicamente inerte y resistente a alta temperatura y eléctricamente aislante que puede usarse para otras aplicaciones distintas a células solares sensibilizadas por colorante. El sustrato puede usarse en aplicaciones de filtración/filtro para eliminar, por ejemplo polvo, micropartículas orgánicas o inorgánicas o biológicas, harina, arena, humo, bacterias y polen.

El sustrato también puede usarse como separador, separando materialmente el cátodo y el ánodo en dispositivos electroquímicos o fotoelectroquímicos, tales como pilas de combustible, baterías, sensores electroquímicos, pantallas electrocrómicas y células solares fotoelectroquímicas.

REIVINDICACIONES

1. Célula solar sensibilizada por colorante que incluye:
 - 5 - un electrodo (1) de trabajo,
 - una primera capa (3) conductora para extraer electrones fotogenerados del electrodo de trabajo,
 - un sustrato (4) de aislamiento poroso compuesto por microfibras, en la que la primera capa conductora es una capa conductora porosa formada en un lado del sustrato de aislamiento poroso,
 - 10 - un contraelectrodo que incluye una segunda capa (2) conductora dispuesta en el lado opuesto del sustrato de aislamiento poroso, y
 - electrolito para transferir electrones desde el contraelectrodo hasta el electrodo de trabajo, caracterizada porque el sustrato de aislamiento poroso comprende una capa (5) de microfibras tejidas y una capa (6) de microfibras no tejidas dispuesta sobre la capa de microfibras tejidas en un primer lado del sustrato.
- 15 2. Célula solar sensibilizada por colorante según la reivindicación 1, en la que la capa (5) de microfibras tejidas comprende hilos (10) con orificios (14) formados entre ellos, y al menos una parte de las microfibras no tejidas se acumulan en los orificios entre los hilos.
- 20 3. Célula solar sensibilizada por colorante según la reivindicación 1 ó 2, en la que el grosor de la capa (6) de microfibras no tejidas varía dependiendo de las ubicaciones de los orificios (14) en la capa (5) de microfibras tejidas de manera que la capa de microfibras no tejidas es más gruesa en los orificios en la capa de microfibras tejidas y es más delgada encima de los hilos (17) de la capa de microfibras tejidas.
- 25 4. Célula solar sensibilizada por colorante según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la primera capa (3) conductora está dispuesta sobre dicha capa de microfibras no tejidas.
5. Célula solar sensibilizada por colorante según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el sustrato (4) de aislamiento poroso comprende una segunda capa (7) de microfibras no tejidas dispuesta sobre la capa (5) de microfibras tejidas en un segundo lado del sustrato, y la segunda capa (2) conductora está dispuesta sobre la segunda capa de microfibras no tejidas.
- 30 6. Célula solar sensibilizada por colorante según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la capa (5) de microfibras tejidas está compuesta por hilos (10) tejidos incluyendo una pluralidad de filamentos (11) y el diámetro de las fibras en la capa (6, 7) de microfibras no tejidas es más pequeño que el diámetro de los filamentos en la capa de microfibras tejidas.
- 35 7. Célula solar sensibilizada por colorante según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que dicha capa (5) de microfibras tejidas está compuesta por un material textil de vidrio y las fibras en dicha capa de microfibras no tejidas están compuestas por vidrio.
- 40 8. Célula solar sensibilizada por colorante según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el grosor de dicha capa (5) de microfibras tejidas es de entre 4 μm y 30 μm , preferiblemente entre 4 μm y 20 μm y más preferiblemente entre 4 μm y 10 μm .
- 45 9. Célula solar sensibilizada por colorante según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que las microfibras en la capa (6, 7) de microfibras no tejidas tienen un diámetro menor de 4 μm , preferiblemente menor de 1 μm , y más preferiblemente menor de 0,5 μm .
- 50 10. Célula solar sensibilizada por colorante según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que dichas capas de microfibras tejidas y no tejidas están compuestas por microfibras cerámicas.
- 55 11. Método para producir un sustrato de aislamiento poroso y una capa conductora porosa formada sobre el sustrato de aislamiento de la célula solar sensibilizada por colorante según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en la que el método comprende:
 - 60 a) producir el sustrato de aislamiento poroso proporcionando un material textil de microfibras tejidas que comprende hilos con orificios formados entre ellos, preparar una disolución madre de fibras mezclando líquido y microfibras, cubrir un primer lado del material textil con la disolución madre de fibras, drenar líquido de la disolución madre de fibras a través de los orificios en el material textil, y secar el material textil húmedo con las microfibras dispuestas sobre el material textil, y
 - 65 b) depositar una tinta que comprende partículas conductoras sobre un lado del sustrato de aislamiento para formar una capa conductora porosa.
12. Método según la reivindicación 11, en el que los hilos del material textil de microfibras tejidas comprenden

una pluralidad de filamentos, y las microfibras en la disolución madre de fibras son más delgadas que los filamentos en las microfibras tejidas.

- 5 13. Método según cualquiera de las reivindicaciones 11 ó 12, en el que las microfibras en la disolución madre de fibras tienen un diámetro menor de 4 μm , preferiblemente menor de 1 μm , y más preferiblemente menor de 0,5 μm .
- 10 14. Método según cualquiera de las reivindicaciones 11 - 13, en el que dicho material textil está compuesto por microfibras cerámicas tejidas, y dicha disolución madre de fibras se prepara mezclando líquido y microfibras cerámicas.
- 15 15. Método según cualquiera de las reivindicaciones 11 - 14, en el que dicha disolución madre de fibras se prepara mezclando líquido y microfibras orgánicas.
- 15 16. Método según cualquiera de las reivindicaciones 11 - 15, en el que dicha disolución madre de fibras se prepara mezclando líquido, microfibras cerámicas y microfibras orgánicas.
- 20 17. Método según cualquiera de las reivindicaciones 11 - 16, en el que el grosor del material textil de microfibras tejidas es de entre 4 μm y 30 μm , preferiblemente entre 4 μm y 20 μm y más preferiblemente entre 4 μm y 10 μm .
- 25 18. Método según cualquiera de las reivindicaciones 11 - 17, en el que la tinta se deposita encima de las microfibras dispuestas para formar una capa conductora porosa en un primer lado de un sustrato de aislamiento poroso, y la etapa a) comprende además cubrir un segundo lado del material textil con la disolución madre de fibras, y drenar el líquido de la disolución madre de fibras a través de los orificios en el material textil, y la etapa b) comprende además: depositar dicha tinta sobre el segundo lado del material textil encima de las microfibras dispuestas, para formar una capa conductora porosa en un segundo lado del sustrato de aislamiento poroso.
- 30 19. Método según cualquiera de las reivindicaciones 11 - 18, en el que etapa a) comprende además añadir un aglutinante a la disolución madre de fibras.
- 35 20. Método según cualquiera de las reivindicaciones 11 - 19, en el que el método comprende además añadir uno o más aditivos seleccionados de un grupo que incluye un tensioactivo, un dispersante, un agente humectante, un desespumante y un agente modificador de reología, a la disolución madre de fibras.

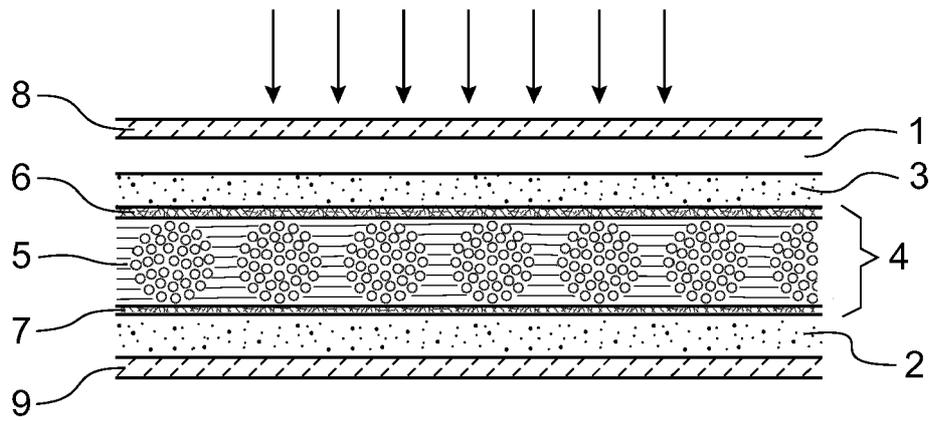


Fig. 1

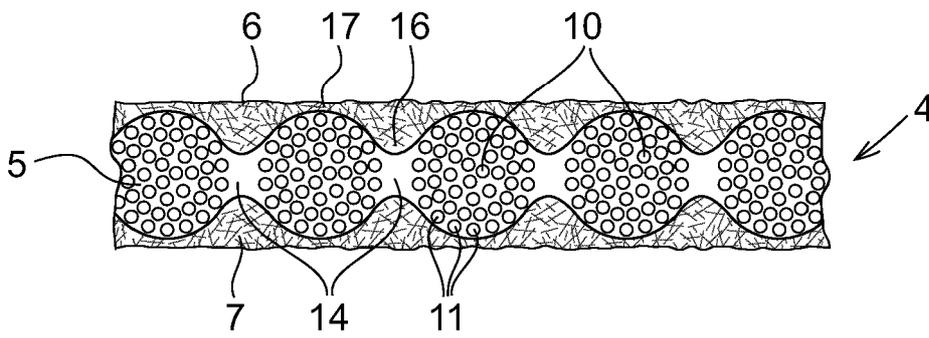


Fig. 5

