

(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS  
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **3 023 619**

(51) Int. Cl.:

**H10F 77/20** (2015.01)  
**C23C 14/00** (2006.01)  
**C23C 14/50** (2006.01)  
**C23C 16/458** (2006.01)  
**H01L 21/673** (2006.01)  
**H10F 10/166** (2015.01)  
**H10F 77/30** (2015.01)

(12)

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.04.2017 E 22153636 (0)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.03.2025 EP 4016648**

(54) Título: **Célula solar**

(30) Prioridad:

**11.04.2016 DE 102016106563**

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**02.06.2025**

(73) Titular/es:

**MEYER BURGER (GERMANY) GMBH (100.00%)  
An der Baumschule 6-8  
09337 Hohenstein-Ernstthal, DE**

(72) Inventor/es:

**CITARELLA, GIUSEPPE;  
SPERLICH, HANS-PETER;  
KÖHLER, GUNNAR;  
WÜNSCH, FRANK;  
SONTAG, DETLEF;  
MEHLICH, MIRKO;  
KÖNIG, MARCEL y  
PAPET, PIERRE**

(74) Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

**ES 3 023 619 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

5 La presente invención se refiere a una célula solar producida con un método para producir una célula solar con una heterounión, un lado frontal previsto para una incidencia de luz y un lado posterior situado opuesto al lado frontal, en donde el método comprende las siguientes etapas: proporcionar un sustrato semiconductor cristalino de un primer tipo de conductividad; formar al menos una capa o secuencia de capas de semiconductor amorfó, nano y/o micro cristalino sobre una superficie frontal del sustrato semiconductor, ya sea formando un emisor frontal de un segundo tipo de conductividad opuesto al primer tipo de conductividad o formando una capa de campo superficial frontal del primer tipo de conductividad; formar al menos una segunda capa o secuencia de capas de semiconductor amorfó, nano y/o micro cristalino sobre una superficie posterior del sustrato semiconductor, tanto formando una capa de campo superficial trasera del primer tipo de conductividad o formando un emisor trasero del segundo tipo de conductividad; formar al menos una capa de electrodo frontal eléctricamente conductora transparente en el emisor frontal o la capa de campo superficial frontal y formar al menos una capa de electrodo trasero eléctricamente conductor transparente en la capa de campo superficial trasera o el emisor trasero; formar una estructura de rejilla de capa de contacto metálica frontal para contactar eléctricamente el emisor frontal o la capa de campo superficial frontal; deposición PECVD frontal de una capa de cubierta frontal dieléctrica transparente y eléctricamente no conductora después de formar la estructura de rejilla de capa de contacto frontal; y formar una metalización posterior en la capa de electrodo posterior.

Para formar una estructura de rejilla de capa de contacto, tal como una estructura de dedos de plata como electrodo colector, sobre una capa de cubierta frontal y/o posterior dieléctrica transparente, tal como una capa de óxido conductor transparente (capa TCO) de una célula solar, en la técnica anterior, los dedos de plata se aplican normalmente utilizando una tecnología de galvanoplastia con una máscara que después se retira nuevamente. El material de enmascaramiento así como las etapas implicadas con su aplicación y eliminación, son costosos y pueden influir negativamente en las características de las células solares.

Además, un problema de las células solares con revestimiento TCO expuesto es que pueden tener una fuerte pérdida de eficiencia cuando se exponen a la humedad, particularmente con el aumento de temperatura. La desintegración (electro)química o corrosión de la capa TCO que se produce bajo la influencia de la humedad conduce a un aumento de la resistencia en serie (RS) y una degradación resultante del factor de llenado (FF) de la célula solar. La eficiencia de conversión de la célula solar (ETA) cae drásticamente. Las llamadas células solares bifaciales con TCO expuesto en ambos lados son particularmente propensas a estos signos de corrosión. Sin embargo, la invención también es aplicable a células solares con revestimiento TCO monofacial.

Para proteger la superficie del TCO de la corrosión, puede aplicarse una capa aislante al TCO, como, por ejemplo, una capa de óxido de silicio, nitruro de silicio u oxinitruro de silicio. Sin embargo, cuando la capa de TCO debe entrar en contacto eléctrico mediante la estructura de rejilla de capa de contacto o los dedos de contacto, es necesario retirarla de nuevo o no debe depositarse en estas áreas en primer lugar. Para ello suele utilizarse una tecnología de enmascaramiento o bien se abre localmente la capa dieléctrica que se deposita sobre la metalización mediante ablación láser o grabado enmascarado para imprimir estructuras metálicas o generarlas mediante chapado. Esto, sin embargo, tiene la desventaja de que al abrir la capa dieléctrica hermética se establecen posibles vías de fuga por las que puede entrar humedad posteriormente.

45 Para formar una capa aislante sobre el TCO y aun así poder contactar eléctricamente con el TCO de manera adecuada y tecnológicamente sencilla, el documento de Patente EP 2 662 900 A1 propone renunciar al enmascaramiento y formar la estructura de rejilla de la capa de contacto a partir de una primera capa eléctricamente conductora de un material con un punto de fusión bajo y una segunda capa eléctricamente conductora. Para ello, la primera capa eléctricamente conductora con el material con el punto de fusión bajo se aplica a una capa de cubierta frontal dieléctrica transparente (capa TCO), sobre ella se deposita una capa aislante sobre toda la superficie, la primera capa eléctricamente conductora se funde por calentamiento y de esta manera la capa aislante se abre por encima de la primera capa conductora. Debido a la ruptura se forman grietas en la capa aislante, en las que puede penetrar la segunda capa conductora depositada y establecer un contacto eléctrico con la primera capa conductora eléctricamente y, por tanto, con la capa TCO.

Con esta tecnología es necesario formar la primera capa conductora únicamente en los puntos de contacto posteriores y además calentarla únicamente allí. Esto significa que también se necesita al menos una deposición estructurada o estructuración, además se enfrenta el problema de cómo debe realizarse el calentamiento local y tiene que intentar mantener la carga de temperatura de las células solares lo más baja posible durante este paso de calentamiento, para no influir negativamente en las características de las células solares.

60 Del documento de Patente WO 2014/192739 A1 se conoce un método para producir una célula solar en el que una estructura de contacto existente se cubre con una máscara metálica durante la deposición de una capa aislante, de modo que la capa aislante no se deposita sobre la estructura de contacto.

Por tanto, el objeto de la presente invención es proporcionar una célula solar que garantice la formación de una protección adecuada contra la humedad para la capa o capas de TCO de la célula solar de una forma realmente sencilla y eficiente, así como un contacto eléctrico fácil y de alta calidad de la célula solar que no influya negativamente en las características de la célula solar. La invención se define en la reivindicación 1.

5 Según la invención, dicha célula solar puede producirse por medio de un método del tipo mencionado anteriormente, en donde se utiliza una deposición selectiva de PECVD de superficie para la deposición de la capa de cubierta del lado frontal y la capa de cubierta del lado frontal se deposita con un espesor tal que la capa de cubierta del lado frontal forma una capa cerrada directamente después de su deposición de capa, sin tratamiento químico y/o térmico adicional solo en las áreas que rodean la estructura de rejilla de capa de contacto frontal, pero no en la estructura de rejilla de capa de contacto frontal.

10 Con una deposición PECVD, ha surgido sorprendentemente que la capa de cubierta del lado frontal inicialmente solo se deposita sobre la capa de electrodo frontal eléctricamente conductora transparente y no, o solo mínimamente, sobre la estructura de rejilla de capa de contacto, es decir, selectiva de la superficie. Por tanto, la capa de cubierta del lado frontal puede depositarse incluso después de formar la estructura de rejilla de capa de contacto, sin la necesidad de grabar posteriormente la capa de cubierta del lado frontal de la estructura de rejilla de capa de contacto. Por tanto, puede realizarse una metalización completa de la célula solar y el bloqueo de la humedad, y después la capa de cubierta frontal dieléctrica transparente y eléctricamente no conductora, que sella la capa frontal del electrodo, puede depositarse en toda la célula solar.

15 Dicha selectividad de superficie en la deposición no puede conseguirse con otros métodos de deposición de capas, como por ejemplo la deposición de capas atómicas (ALD), la pulverización catódica o los métodos de deposición de vapor.

20 25 Con la presente invención, la capa o capas de SiO/N pueden considerarse, por ejemplo, como una capa de cubierta de la cara frontal, que normalmente ya se utilizan como capas antirreflectantes y de pasivación en células solares. Por otro lado, las capas de AlO<sub>x</sub> afines a la humedad, son menos adecuadas como capa de cubierta del lado frontal, pero, por ejemplo, pueden utilizarse ventajosamente como una capa de recubrimiento superior de una capa de cubierta del lado frontal que consiste en un óxido de silicio y un óxido de aluminio para la absorción de humedad y, por lo tanto, como capa de barrera contra la humedad hacia la capa de óxido de silicio subyacente.

30 35 El método PECVD, que se utiliza para formar la capa de cubierta del lado frontal según la invención, tiene además la ventaja de que funciona en el rango de baja temperatura, es decir, con temperaturas ≤ 200°C, por lo que el método según la invención es particularmente adecuado para su utilización con células solares sensibles a la temperatura, tales como células solares de heterounión con capas de pasivación superficial de silicio amorfo, nano y/o microcristalino.

40 45 Según una realización de la presente invención, dicha barrera de humedad también puede proporcionarse en el lado posterior de la célula solar. Por lo tanto, la formación de la metalización del lado posterior comprende las siguientes etapas: formar una estructura de rejilla de capa de contacto metálica posterior para contactar eléctricamente con el emisor del lado posterior o la capa de campo superficial del lado posterior; deposición PECVD del lado posterior de una capa de cubierta del lado posterior dieléctrica transparente y no conductora de electricidad después de formar la estructura de rejilla de capa de contacto posterior; en donde se utiliza una deposición selectiva de PECVD de superficie para la deposición de la capa de cubierta posterior y la capa de cubierta posterior se deposita con un espesor tal que la capa de cubierta posterior forma una capa cerrada directamente después de su deposición de capa, sin tratamiento químico y/o térmico adicional solo en áreas que rodean a la estructura de rejilla de capa de contacto posterior, pero no en la estructura de rejilla de capa de contacto posterior.

50 55 60 El método también puede utilizarse con células solares bifaciales, tales como, por ejemplo, células solares de emisor trasero con heterounión bifacial.

65 La estructura de rejilla de capa de contacto frontal o posterior puede formarse inicialmente como una estructura de capa de semilla, que posteriormente se refuerza. Por lo tanto, en una variante del método se prevé que al menos una capa de refuerzo del espesor de los contactos metálicos del lado frontal se deposite galvánicamente sobre la estructura de rejilla de capa de contacto frontal utilizando el material de la capa de cubierta del lado frontal como capa de enmascaramiento galvánico sin estructuración previa y/o sin al menos una retirada parcial de la capa de cubierta del lado frontal, y/o al menos una capa de refuerzo del espesor de los contactos metálicos del lado posterior se deposite galvánicamente sobre la estructura de rejilla de capa de contacto posterior utilizando el material de la capa de cubierta posterior como capa de enmascaramiento galvánico sin estructuración previa y/o al menos una retirada parcial de la capa de cubierta posterior.

70 75 80 Por lo tanto, la estructura de rejilla de capa de contacto frontal y/o posterior se aplica linealmente, por ejemplo impresa y templada, a la superficie de la capa de electrodo frontal y/o posterior transparente y eléctricamente conductora como capa semilla o estructura semilla como una estructura de metalización muy fina, por ejemplo en forma de dedos o barras colectoras. Como material para la estructura de semilla puede utilizarse, por ejemplo, una

pasta, tal como una pasta de plata.

Después de aplicar la estructura de semilla, la capa de cubierta frontal y/o posterior se deposita sobre el lado o lados respectivos de la célula solar por medio de deposición PECVD. Como se ha descrito anteriormente, la estructura de semilla no está, o no completamente, recubierta con esta deposición de PECVD. Por lo tanto, la estructura de semilla puede, por ejemplo, reforzarse galvánicamente después de la deposición de la capa de cubierta frontal y/o posterior sin necesidad de retirarla de la estructura de semilla. Para el refuerzo galvánico puede utilizarse, por ejemplo, el método LIP (recubrimiento inducido por luz, del inglés *Light Induced Plating*). Tanto la plata como el cobre pueden considerarse materiales para reforzar el espesor de la capa de contacto. Con esta realización del procedimiento, la capa de refuerzo del espesor de contacto metálica, producible preferentemente pero no exclusivamente de forma galvánica, se adhiere muy bien a la estructura de la semilla y aumenta su conductividad eléctrica.

Esta variante del método tiene la ventaja de que no es necesario depositar adicionalmente ninguna capa de SiON como máscara galvánica, ya que la capa de cubierta frontal y/o posterior que rodea la estructura de la semilla, y que se encuentra sobre la capa de electrodo frontal y/o posterior transparente y eléctricamente conductora, ya asume la función de enmascaramiento.

Con este procedimiento puede conseguirse además una mejor eficiencia celular. Por tanto, existe la posibilidad de adelgazar la capa de electrodo transparente frontal y/o posterior eléctricamente conductora, que es, por ejemplo una capa de ITO, o de reemplazar una parte importante del espesor de la capa de electrodo frontal y/o posterior por la capa de cubierta frontal y/o posterior, que es una capa de SiON. Por lo tanto, la capa antirreflectante de la célula solar se vuelve más transparente. Así, puede mejorarse considerablemente la óptica de la célula solar, tanto en el rango UV, en el que la absorción se reduce por medio de una capa de TCO más delgada, así como el rango infrarrojo. Al utilizar ITO (óxido de indio y estaño) como una capa de electrodo frontal y/o posterior, además se ahorra indio.

Con esta variante del método, puede ahorrarse la pasta de plata utilizada para producir la estructura de rejilla de capa de contacto y, al mismo tiempo, conseguir aún una muy buena conductividad eléctrica de los dedos de contacto de la estructura de rejilla de capa de contacto. Este método es adecuado para interconexiones de módulos con y sin barras colectoras, sin riesgo de pérdidas adicionales de eficiencia. A pesar del sobrerecubrimiento utilizado según la invención, se consigue una buena contactabilidad y/o soldabilidad de la estructura de rejilla de capa de contacto.

De acuerdo con esto, la capa de cubierta frontal y/o posterior de la presente invención son multifuncionales. Pueden utilizarse como una o más capas de protección antirreflejo o reflectante, una o más capas de protección contra la corrosión o de sellado y/o como una o más máscaras para un refuerzo galvánico de estructuras de semillas de contacto.

En realizaciones convenientes de la presente invención, la estructura de rejilla de capa de contacto metálica frontal y/o la estructura de rejilla de capa de contacto metálica del lado posterior se refuerza o se refuerzan mediante templado antes de la deposición de la capa de cubierta del lado frontal y/o antes de la deposición de la capa de cubierta posterior.

Es particularmente eficaz que la formación de la capa de cubierta del lado frontal y la capa de cubierta posterior tenga lugar inmediatamente una después de la otra en un proceso de tratamiento en el mismo dispositivo de recubrimiento.

La deposición PECVD basada en microondas para producir la capa de cubierta frontal dieléctrica transparente y/o la capa de cubierta posterior dieléctrica transparente ha demostrado ser particularmente suave. Con la presente invención, la deposición PECVD para producir la capa de cubierta frontal dieléctrica transparente y/o la capa de cubierta posterior dieléctrica transparente puede ser alternativamente un PECVD de HF (alta frecuencia), un PECVD de VHF (ultra alta frecuencia) o un PECVD que utiliza una fuente de ETP (plasma térmico expansivo). En lugar de un PECVD, generalmente también puede utilizarse un CVD de hilo caliente para producir la capa de cubierta frontal dieléctrica transparente y/o la capa de cubierta posterior dieléctrica transparente.

Preferiblemente, para depositar la capa de cubierta del lado frontal y/o la capa de cubierta del lado posterior se utiliza al menos una capa de  $\text{SiO}_{x-}$ ,  $\text{SiN}_{x-}$ ,  $\text{SiO}_x\text{N}_y-$ ,  $\text{AlO}_{x-}$ ,  $\text{AlN}_{x-}$ ,  $\text{TiO}_2$ , al menos un óxido eléctricamente conductor o una capa o secuencia de capas que consiste en una combinación de al menos dos de los materiales mencionados anteriormente.

De manera particularmente preferible, se utiliza al menos una capa de  $\text{SiO}_x$  para depositar la capa de cubierta del lado frontal y/o se utiliza al menos una capa de  $\text{SiN}_x$  para depositar la capa de cubierta del lado posterior. De este modo, puede aplicarse, por ejemplo, una capa de  $\text{SiO}_2$  con un espesor entre 70 y 100 nm como capa de cubierta frontal sobre el lado frontal de la célula solar y/o una capa de  $\text{SiN}_x$  con un espesor entre 80 y 120 nm como capa de cubierta posterior sobre el lado posterior de la célula solar.

En una realización opcional del método, la capa de cubierta del lado frontal y/o la capa de cubierta del lado posterior están al menos parcialmente dopadas con carbono. Por ejemplo, puede añadirse tetrametilsilano al silano químico usado. Mediante el dopaje con carbono puede reducirse, por ejemplo, la tasa de grabado húmedo o la vulnerabilidad química de la capa de cubierta del lado frontal y/o de la capa superior del lado posterior.

- 5 Con este método, la capa de recubrimiento frontal y/o la capa de recubrimiento posterior se depositan preferiblemente a temperaturas lo más bajas posible, es decir, en un rango de entre 50 °C y 250 °C, especialmente preferible a temperaturas ≤ 200 °C. El aumento adicional de temperatura a corto plazo, por ejemplo, entre 150 °C y 200 °C durante dos o tres minutos, durante la PECVD mejora la conductividad de los dedos de contacto y su contacto con el TCO. De esta manera se produce un ligero aumento del factor de llenado FF de la célula solar, por ejemplo de + 0,5 %, y de la eficiencia de conversión ETA de la célula solar, por ejemplo de + 0,2 %.

10 Para la formación de la estructura de rejilla de la capa de contacto del lado frontal y/o del lado posterior y de la al menos una capa de refuerzo del espesor de contacto del lado frontal y/o del lado posterior, puede utilizarse preferentemente al menos un óxido conductor de electricidad, al menos un metal, al menos una aleación metálica o una combinación de al menos dos de los materiales mencionados anteriormente.

15 Para formar la estructura de rejilla de la capa de contacto del lado frontal y/o del lado posterior y la al menos una capa de refuerzo del espesor de contacto del lado frontal y/o del lado posterior, se elige preferentemente con el 20 método un material que consiste predominantemente, es decir más del 50 %, en plata o cobre.

25 Es especialmente adecuado cuando la estructura de rejilla de la capa de contacto del lado frontal y/o del lado posterior se imprime como una estructura de dedo utilizando una pasta.

30 Con este método se utiliza preferentemente un óxido transparente y eléctricamente conductor, es decir una capa de TCO, tal como una capa de ITO, para formar la capa de electrodo del lado frontal y/o la capa de electrodo del lado posterior.

35 Para conseguir una protección celular especialmente eficaz contra la corrosión, es aconsejable que la formación de la capa de cubierta del lado frontal se realice completamente sobre todo el lado frontal, incluyendo la cobertura de los bordes del sustrato semiconductor, y/o la formación de la capa de cubierta del lado posterior completamente sobre todo el lado posterior, incluyendo la cobertura de los bordes del sustrato semiconductor. El sellado hermético, completo y por ambos lados de las superficies TCO ya metalizadas de la célula solar, incluyendo el borde de la oblea, evita de forma eficaz el ataque de humedad al TCO, tanto a nivel del módulo como a nivel de la célula. El resultado es una degradación del TCO nula o muy baja.

40 Una cubierta de este tipo que encierra el borde del sustrato semiconductor sólo puede conseguirse si se utiliza un portador de sustrato adecuado. Por lo tanto, se sugiere un portador de sustrato con una rejilla portadora en forma de placa, que comprende al menos un nido portador hueco encerrado por un marco de nido para recibir un sustrato semiconductor laminar cada uno, en donde ganchos de retención sobresalen hacia el nido portador desde todos los lados del marco de nido y en cada gancho de retención se proporciona al menos un pasador de retención, que está alineado paralelamente a una superficie del sustrato semiconductor que va a recibirse.

45 La rejilla portadora comprende preferiblemente al menos dos nidos portadores adyacentes separados por una viga del marco del nido, y los ganchos de retención están provistos en soportes de retención fijados en la viga del marco y que sobresalen dentro de uno de los nidos portadores cada uno en ambos lados de la viga del marco.

50 Las realizaciones preferidas de la presente invención, su proceso o estructura, función y ventajas se explican con más detalle en las siguientes figuras, en donde

- 55 Las Figuras 1 a 3 muestran esquemáticamente una secuencia de proceso para producir una célula solar según la invención;  
 La Figura 4 muestra esquemáticamente una vista superior de una realización de un portador de sustrato; y  
 La Figura 5 muestra esquemáticamente una sección transversal de una viga de marco con soportes de retención de un sustrato, en donde, como se indica esquemáticamente, dos sustratos semiconductores yacen sobre pasadores de retención del soporte de retención.

60 Como puede verse en la Figura 1, en el método se proporciona inicialmente al menos un sustrato semiconductor 2. El sustrato semiconductor 2 es de un primer tipo de conductividad, por lo que puede estar dopado con n o p. Normalmente, pero no necesariamente, el sustrato semiconductor 2 está formado de silicio dopado con n.

65 En esta realización mostrada en la figura 1, se proporcionan capas semiconductoras amorfas intrínsecas 3, 4, en el ejemplo mostrado capas de i-a-Si de unos pocos nanómetros, en ambos lados del sustrato semiconductor 2. En lugar de las capas semiconductoras amorfas intrínsecas 3, 4 o además de ellas, en otras realizaciones de la presente invención también pueden utilizarse capas semiconductoras nano y/o microcristalinas intrínsecas, por ejemplo de silicio.

Sobre las capas semiconductoras amorfas intrínsecas 3, 4 se disponen respectivamente capas semiconductoras dopadas amorfas 5, 6 eléctricamente conductoras. En lugar de las capas semiconductoras dopadas amorfas 5, 6 o además de ellas, en otras realizaciones de la presente invención también pueden utilizarse capas semiconductoras dopadas nano y/o microcristalinas, por ejemplo de silicio. En la realización mostrada en la figura 1, una capa de silicio amorfo dopado con p 5, que por tanto comprende un tipo de conductividad contrario al sustrato semiconductor 2, se dispone sobre la capa de silicio amorfo intrínseco 3 situada en el lado frontal del semiconductor formando un emisor del lado frontal. En la realización mostrada en la figura 1, una capa de silicio amorfo dopado con n 6, que por tanto comprende el mismo tipo de conductividad que el sustrato semiconductor 2, se proporciona además sobre la capa de silicio amorfo intrínseco 5 ubicada en el lado posterior del semiconductor formando una capa de campo de superficie del lado posterior.

En otras realizaciones de la presente invención no mostradas aquí, puede proporcionarse una capa de campo superficial frontal en el lado frontal del sustrato semiconductor 2 y un emisor trasero en el lado posterior del sustrato semiconductor 2.

En el ejemplo de la figura 1, en el emisor frontal se proporciona una capa de electrodo frontal eléctricamente conductora transparente 7, que es una capa de TCO, tal como una capa de ITO, en la realización mostrada. Además, en la capa de campo superficial trasera también se proporciona una capa de electrodo trasero eléctricamente conductor transparente 8, que es una capa de TCO, tal como una capa de ITO.

Además, se proporciona una estructura de rejilla de capa de contacto metálica frontal 9 para contactar eléctricamente el emisor frontal en la capa frontal del electrodo 7 y un estructura de rejilla de capa de contacto metálica del lado posterior 10 para contactar la capa de campo superficial del lado posterior en la capa de electrodo del lado frontal 8. En la realización mostrada, la estructura de rejilla de capa de contacto metálica del lado frontal y el lado posterior 9, 10 son estructuras de semillas de plata impresas, delgadas y con forma de dedo.

Como puede verse en la figura 2, una capa de cubierta frontal dieléctrica transparente y eléctricamente no conductora 11 se deposita con una deposición de PECVD sobre la superficie completa de la estructura mostrada en la figura 1 en una etapa de proceso posterior. La capa de recubrimiento frontal 11 se deposita únicamente en las zonas que rodean la estructura de rejilla de la capa de contacto 9, es decir, en la capa de electrodo frontal 7, pero no o solo mínimamente en la propia estructura de rejilla de la capa de contacto 9.

Una capa de cubierta del lado posterior dieléctrica transparente y no conductora de electricidad 12 se deposita además con una deposición de PECVD en el lado posterior de la estructura mostrada en la figura 1. Por lo tanto, la capa de cubierta posterior 12 solo se deposita en las áreas que rodean a la estructura de rejilla de capa de contacto 10, es decir, en la capa de electrodo posterior 8, sin embargo, no, o solo mínimamente, sobre la propia estructura de rejilla de capa de contacto 10.

Esto significa que se produce un crecimiento sin perturbaciones de las capas de cubierta frontal y posterior 11, 12 sobre el TCO de la capa de electrodo frontal o posterior 7, 8, sin embargo, no se produce ningún crecimiento o se produce muy poco crecimiento en los dedos de pasta de plata de las estructuras de rejilla de la capa de contacto 9 o 10. A esto se le puede llamar una deposición PECVD autoalineable.

La formación de la capa de cubierta del lado frontal 11 se lleva a cabo completamente sobre todo el lado frontal, incluyendo la cobertura 11' de los bordes del sustrato semiconductor 2, y la formación de la capa de cubierta del lado posterior 12 tiene lugar completamente sobre todo el lado posterior, incluyendo la cobertura 12' de los bordes del sustrato semiconductor 2. Las cubiertas 11', 12' de los bordes del sustrato semiconductor 2, por ejemplo, corren en forma de cuña, comenzando desde el lado frontal 15 o el lado posterior 16 del sustrato semiconductor 2 y pueden ser adyacentes entre sí o superponerse entre sí.

Como se muestra en la figura 3, una capa de refuerzo de espesor de contacto metálico del lado frontal 13 se deposita galvánicamente sobre la estructura de rejilla de la capa de contacto del lado frontal 9 después de depositar la capa de cubierta del lado frontal 11 utilizando el material de la capa de cubierta del lado frontal 11 como una capa de enmascaramiento galvánico sin estructuración previa y/o eliminación al menos parcial de la capa de cubierta del lado frontal. Como también puede verse en la figura 3, una capa de refuerzo del espesor de contacto metálico del lado posterior 14 se deposita galvánicamente sobre la estructura de rejilla de la capa de contacto del lado posterior 10 utilizando el material de la capa de cubierta del lado posterior 12 como una capa de enmascaramiento galvánico sin estructuración previa y/o eliminación al menos parcial de la capa de cubierta del lado posterior 12. Con la galvanización, la capa de refuerzo del espesor de contacto 13 o 14 normalmente crece ligeramente hacia los lados más allá de la estructura de rejilla de la capa de contacto 9 o 10 utilizada como capa de semilla.

El resultado es la célula solar 1 representada esquemáticamente en sección transversal en la figura 3 con un lado frontal 15 proporcionado para la incidencia de la luz y un lado posterior 16 situado opuesto al lado frontal 15.

La célula solar 1 producida con el método descrito anteriormente puede ponerse en contacto eléctricamente igualmente bien antes y después del recubrimiento con la capa de cubierta frontal y posterior 11, 12. La capa de

sellado formada por las capas de cubierta frontal y posterior 11, 12 permanece completamente intacta y no necesita ser abierta localmente más tarde para establecer un contacto eléctrico entre la estructura de rejilla de la capa de contacto frontal 9 y la capa de fortalecimiento del espesor de contacto asociada 13, así como entre la estructura de rejilla de la capa de contacto posterior 10 y la capa de fortalecimiento del espesor de contacto asociada 14.

- 5 Para formar las capas de cubierta frontal y posterior 11, 12, se utilizan preferentemente con la presente invención capas de  $\text{SiO}_x$  y/o  $\text{SiN}_x$ , que son ópticamente transparentes e incluso mejoran el revestimiento antirreflejo de la celda solar 1 al elegir espesores de capa ideales. Debido a la doble función ARC, por ejemplo mediante TCO y  $\text{SiO}_2$ , la corriente de cortocircuito  $I_{sc}$  y por tanto aumenta la eficiencia de conversión ETA de la célula solar.
- 10 Las etapas para sellar las capas TCO del método generalmente también pueden aplicarse con módulos de película delgada.
- 15 La Figura 4 muestra esquemáticamente una vista superior de una realización de un portador se sustrato 17. El portador se sustrato 17 es un denominado portador de oblea, que comprende una rejilla portadora 18 con varios nidos portadores 19 dispuestos en filas y columnas. Cada nido portador 19 está aquí rodeado por vigas de marco 22 que forman un marco de nido. Los nidos portadores 19 sirven respectivamente para recibir un sustrato semiconductor 2 sobre la superficie.
- 20 Los ganchos de retención 20 fijados o conectados integralmente a la viga del marco 22 sobresalen hacia abajo dentro del nido de soporte 19 desde todos los lados del marco del nido. Como puede verse en la figura 5, en cada gancho de retención 20 se dispone un pasador de retención 21 alineado paralelamente a una superficie 25 del sustrato semiconductor 2 que va a recibirse. El sustrato semiconductor 2 se coloca en el nido portador 19 de tal manera que se sujetá en cada uno de los ganchos de retención 20 que se extienden desde las vigas del marco 22 que rodean el nido portador 19, en donde el sustrato semiconductor 2 se encuentra en los pasadores de retención 21 respectivamente.
- 25 Como puede verse en la figura 4, la rejilla portadora 18 comprende varios nidos portadores adyacentes 19 que están separados respectivamente por una viga del marco 22 del marco del nido. Con estos nidos portadores 19 se fijan respectivamente sobre las vigas del bastidor 22 unos soportes de retención 24 con al menos un elemento de retención 23 de tal manera que los ganchos de retención 20 situados sobre los soportes de retención 24 sobresalen en uno de los nidos portadores 19 cada uno con los pasadores de retención 21 previstos sobre los mismos.

## REIVINDICACIONES

1. Célula solar (1) con una heterounión, un lado frontal (15) proporcionado para la incidencia de luz y un lado posterior (16) situado opuesto al lado frontal (15), que comprende:

- un sustrato semiconductor cristalino (2) de un primer tipo de conductividad;
- al menos una capa o secuencia de capas semiconductoras amorfas, nano y/o microcristalinas (3, 5) sobre una superficie frontal del sustrato semiconductor (2), formando ya sea un emisor frontal de un segundo tipo de conductividad opuesto al primer tipo de conductividad o una capa de campo superficial frontal del primer tipo de conductividad;
- al menos una segunda capa o secuencia de capas de semiconductor amorfas, nano y/o micro cristalinas (4, 6) sobre una superficie trasera del sustrato semiconductor (2), que forma una capa de campo superficial trasera del primer tipo de conductividad o un emisor trasero del segundo tipo de conductividad;
- al menos una capa de electrodo frontal eléctricamente conductor transparente (7) en el emisor frontal o la capa de campo superficial frontal y al menos una capa de electrodo trasero eléctricamente conductor transparente (8) en la capa de campo superficial trasera o el emisor trasero;
- una estructura de rejilla de capa de contacto metálica frontal (9) para contactar eléctricamente el emisor frontal o la capa de campo superficial frontal;
- una capa de cubierta frontal dieléctrica transparente y eléctricamente no conductora (11) depositada por deposición PECVD sobre su cara frontal después de formar la estructura de rejilla de capa de contacto frontal (9); y
- una metalización posterior en la capa de electrodo posterior (8);

**caracterizada por que,**

se utiliza una deposición selectiva de PECVD de superficie o una CVD de hilo caliente para la deposición de la capa de cubierta del lado frontal (11) y la capa de cubierta del lado frontal (11) se deposita con un espesor tal que la capa de cubierta del lado frontal (11) forma una capa cerrada directamente después de su deposición de capa, sin tratamiento químico y/o térmico adicional, solo en las áreas que rodean la estructura de rejilla de capa de contacto frontal (9), pero no en la estructura de rejilla de capa de contacto frontal (9), en donde la capa de electrodo frontal transparente y eléctricamente conductora (7) es una capa de TCO; para la formación de la estructura de rejilla de capa de contacto frontal (9), se selecciona un material que consiste predominantemente en plata o cobre y se imprime como una estructura de dedo utilizando una pasta; para la deposición de la capa de cubierta del lado frontal (11) se utiliza al menos una capa de  $\text{SiO}_x$ ,  $\text{SiN}_x$ ,  $\text{SiO}_x\text{N}_y$  o una capa o secuencia de capas que consiste en una combinación de al menos dos de los materiales mencionados anteriormente; la capa de cubierta del lado frontal (11) se deposita utilizando una química de silano; y la capa de cubierta del lado frontal (11) se deposita en un rango de temperaturas entre 50 °C y 250 °C.

2. Célula solar, según la reivindicación 1, **caracterizada por que** la capa de recubrimiento del lado frontal (11) está formada completamente sobre todo el lado frontal, incluyendo un recubrimiento (11') de los bordes del sustrato semiconductor (2).

3. Célula solar, según la reivindicación 1 o 2, **caracterizada por que** una capa de recubrimiento del lado posterior (12) se forma completamente sobre todo el lado posterior, incluyendo un recubrimiento (12') de los bordes del sustrato semiconductor (2).

4. Célula solar, según las reivindicaciones 2 y 3, **caracterizada por que** los recubrimientos (11', 12') de los bordes del sustrato semiconductor (2) se extienden en forma de cuña comenzando desde el lado frontal (15) o el lado posterior (16) del sustrato semiconductor (2).

5. Célula solar, según la reivindicación 4, **caracterizada por que** los recubrimientos (11', 12') de los bordes del sustrato semiconductor (2) se unen entre sí o se cubren entre sí.

6. Célula solar, según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** la capa de cubierta del lado frontal (11) y/o la capa de cubierta posterior (12) está o están al menos parcialmente dopadas con carbono durante la deposición.

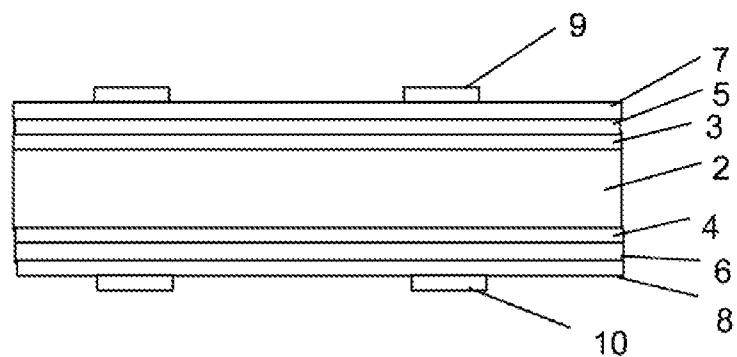


Figura 1

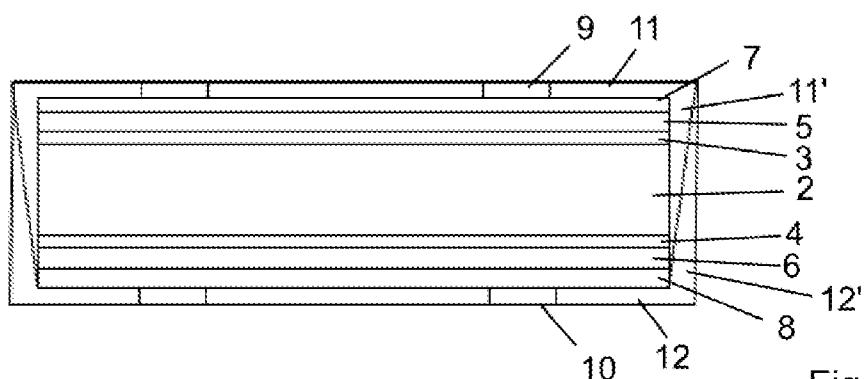


Figura 2

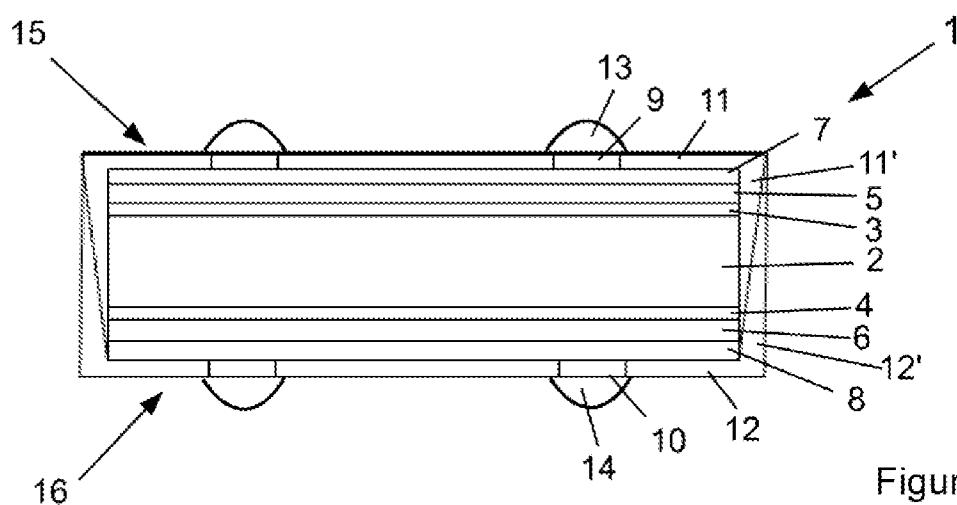


Figura 3

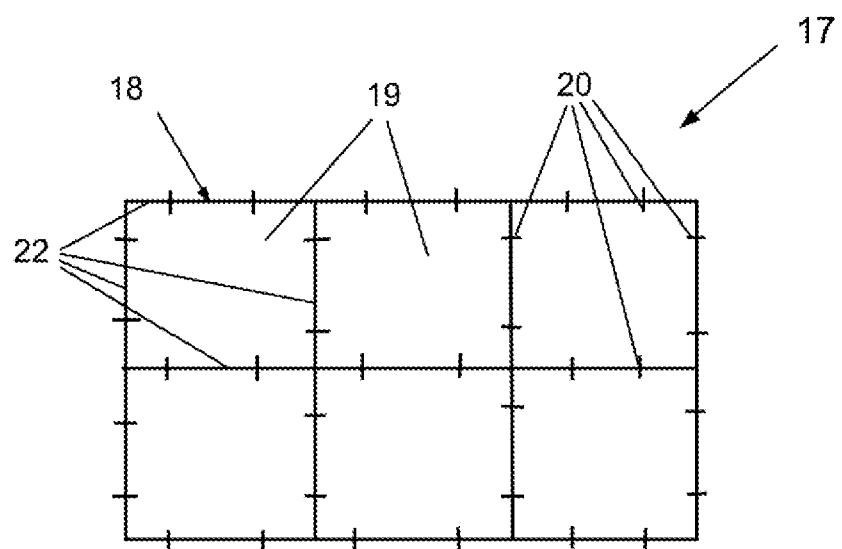


Figura 4

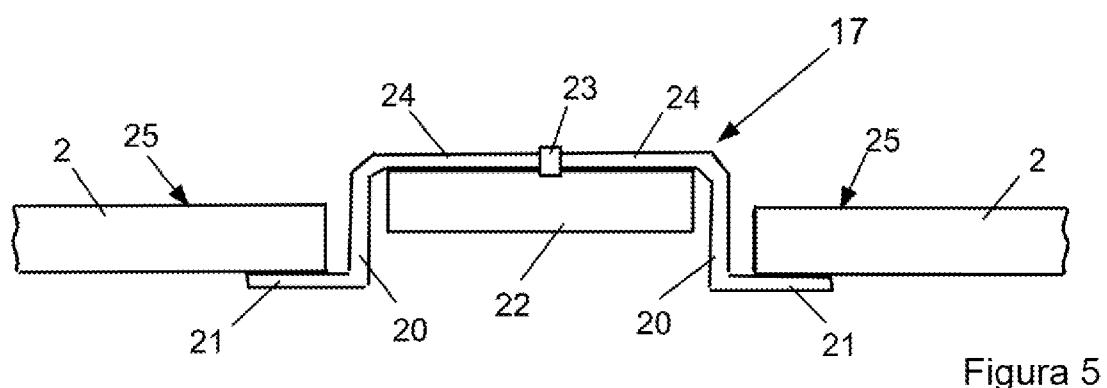


Figura 5