

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 408 193**

51 Int. Cl.:

H01L 31/0224 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.12.2009 E 09799327 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.02.2013 EP 2380205**

54 Título: **Célula solar**

30 Prioridad:

19.12.2008 DE 102008055036

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

18.06.2013

73 Titular/es:

**HANWHA Q.CELLS GMBH (100.0%)
Sonnenallee 17-21 OT Thalheim
06766 Bitterfeld-Wolfen, DE**

72 Inventor/es:

**ENGELHART, PETER;
WANKA, SVEN;
KESSELS, WILHELMUS MATHIJS MARIE y
DINGEMANS, GIJS**

74 Agente/Representante:

AZNÁREZ URBIETA, Pablo

ES 2 408 193 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 Ya es conocido el uso de un sistema de capa túnel para el contacto de una célula solar. En esta disposición, se inserta una capa túnel entre el emisor o base del semiconductor de la célula solar y una capa metálica que actúa como capa colectora para los portadores de carga que atraviesan la capa túnel. En tales capas túnel se utiliza por ejemplo óxido de silicio (SiO_2). Éstas se pueden utilizar al mismo tiempo para llevar a cabo la pasivación superficial, saturando los estados superficiales de recombinación activos del semiconductor. En las células solares formadas en base a un silicio, la capa túnel se puede producir mediante oxidación térmica. Sin embargo, las capas de SiO_2 tienen la desventaja de que, desde el punto de vista tecnológico, resulta difícil llevar a cabo una pasivación superficial adecuada y al mismo tiempo conseguir una alta probabilidad de tunelización de los portadores de carga en la capa metálica.

15 Además, por regla general, en las células solares que presentan una heterounión que comprende, por ejemplo, una capa cristalina y una capa amorfa, habitualmente dopada en su mayor parte, de un semiconductor, entre ambas capas semiconductoras se inserta una capa adicional para conseguir la pasivación superficial, en particular de la capa semiconductor cristalina. Para ello, en general se utiliza una capa semiconductor amorfa fina intrínseca, esto es esencialmente no dopada. Además, en esta disposición, la pasivación, por ejemplo mediante una capa de silicio amorfo intrínseco, con frecuencia es insuficiente, lo que conduce a una reducción de la eficiencia de la célula solar. Además, tecnológicamente es difícil llevar a cabo una deposición de capa homogénea, por ejemplo mediante una deposición por vapor de la fase gas, cuando al mismo tiempo se debe conseguir una alta probabilidad de tunelización.

Así, el objeto de la invención es proporcionar una célula solar que comprende una capa túnel dispuesta entre una capa semiconductor y una capa colectora, siendo dicha célula solar fácil de obtener tecnológicamente y además altamente eficiente.

25 Este objeto se logra según la invención mediante una célula solar con las características indicadas en la reivindicación 1. En las reivindicaciones dependientes se indican realizaciones ventajosas de la invención.

30 La invención se basa en el reconocimiento de que una capa tampón con una alta densidad de carga superficial, de al menos 10^{12} cm^{-2} , preferentemente de al menos $5 \cdot 10^{12} \text{ cm}^{-2}$, de forma especialmente preferente de al menos 10^{13} cm^{-2} , es particularmente adecuada para formar un contacto túnel y al mismo tiempo asegurar una pasivación superficial adecuada mediante pasivación por efecto de campo. Además, la capa tampón, debido a su alta densidad de carga superficial, puede inducir una capa de inversión o capa de acumulación en una capa semiconductor situada por debajo de la misma. La densidad de carga superficial de la capa tampón puede ser negativa o positiva. La intensidad y el tipo de la capa inducida dependen en particular de la polaridad de la densidad de carga superficial, así como del material y el dopado de la capa semiconductor. Las propiedades eléctricas y la expansión espacial del contacto túnel también dependen de las características eléctricas de la capa de inversión o capa de acumulación.

35 En este documento, el término "capa" también se puede referir a una estructura en forma de capas que se extiende únicamente sobre una región limitada de la célula solar. Dicho de otro modo, la capa semiconductor, la capa colectora, la capa tampón o similares pueden estar limitadas a regiones insulares o bandas sobre la célula solar. Así, no es necesario que las capas se extiendan esencialmente sobre toda la célula solar, que normalmente es plana. Además, el término "capa" no se relaciona necesariamente con una disposición plana o llana; en su lugar, puede estar curvada o doblada para su conformación con respecto a una estructura subyacente, por ejemplo puede tener un diseño en forma de plato o de copa.

45 El documento US 2008/105299 A1 describe una estructura de célula solar de película fina, que se fabrica sobre un sustrato de cristal. La estructura comprende una capa de contacto trasera y una capa de contacto delantera, entre las que se dispone una capa semiconductor. Entre la capa metálica de contacto delantera y la capa semiconductor se dispone una capa tampón. En el documento US 2008/105299 A1 se proporcionan diversos ejemplos de materiales adecuados para la capa tampón, entre ellos óxido de zinc-aluminio (ZnAlOx). En una realización, la capa tampón puede estar hecha de un material dieléctrico y actuar como capa túnel.

50 El documento US 4.253.881 se refiere a células solares de semiconductores aislantes metálicos (MIS) y a células solares de capa de inversión. En una realización, la célula solar conocida comprende dos capas aislantes en la cara delantera de su sustrato semiconductor. Las capas aislantes comprenden una capa de óxido de silicio formada directamente sobre el sustrato semiconductor y un nitruro de silicio depositado sobre la capa de SiO_2 . Esta segunda capa aislante está hecha de modo que presenta una alta densidad de carga superficial de $5 \cdot 10^{12} - 7 \cdot 10^{12} \text{ cm}^{-2}$.

55 El documento US 5.009.719 describe una célula solar en tándem que tiene dos estructuras de célula solar diferentes apiladas una sobre la otra. Entre las dos estructuras de célula solar se dispone una capa tampón. La capa tampón soporta la red de combinación entre las redes cristalinas de las capas adyacentes y forma una unión túnel entre las dos estructuras de célula solar.

- Un posible método para producir la célula solar incluye un paso de proporcionar la capa semiconductor, aplicación posterior de la capa tampón sobre la capa semiconductor y la aplicación de la capa colectora sobre la capa tampón. También se pueden prever pasos de aplicación adicionales para aplicar capas intermedias o pasos de estructuración adicionales. La capa semiconductor puede estar presente en forma de una oblea o se puede depositar por vapor sobre un sustrato en un proceso de película fina. En este último caso, la secuencia de deposición de la capa también se puede invertir, de modo que, por ejemplo, sobre un sustrato o un sustrato se aplica una primera capa colectora y a continuación sobre dicha capa colectora se depositan por vapor la capa tampón y la capa semiconductor.
- El concepto de que la capa tampón está hecha esencialmente de un material determinado, significa en particular que la capa tampón puede comprender trazas de otros materiales debido a imperfecciones en el proceso de fabricación, en las materias primas o similares.
- De acuerdo con una realización ventajosa, la capa tampón está hecha esencialmente de un material con una densidad de carga superficial negativa. El fluoruro de aluminio (AlF_3), con una densidad de carga negativa de entre aproximadamente 10^{12} y aproximadamente 10^{13} cm^{-2} , es un ejemplo de material con densidad de carga superficial negativa. La densidad de carga superficial negativa tiene la ventaja de que el material es particularmente adecuado para su contacto con una capa semiconductor tipo p, que, por ejemplo en el campo de la tecnología fotovoltaica basada en silicio, es con mucho el tipo conductivo utilizado para un absorbente con mayor frecuencia.
- En una realización conveniente, está previsto que la capa tampón esté hecha esencialmente de óxido de aluminio. El óxido de aluminio (Al_2O_3) se puede aplicar con un espesor de capa homogéneo utilizando un proceso de aplicación adecuado o un proceso de deposición por vapor. Además, dicha capa de óxido de aluminio es particularmente adecuada para la pasivación superficial. Como resultado de su alta densidad de carga superficial negativa, una capa de inversión o capa de acumulación así inducida también tiene una buena conductividad.
- En una realización preferente, está previsto que la capa tampón esté formada sin poros. Dicho de otro modo, la capa tampón está esencialmente libre de defectos y, en particular, no incluye ninguna abertura (poro) que se extienda atravesando el espesor de la capa tampón.
- De acuerdo con una realización ventajosa, la capa tampón se aplica mediante deposición de capas atómicas (ALD). Por medio de la ALD, donde se llevan a cabo deposiciones de capas atómicas una tras otra, se pueden producir en particular capas delgadas sin defectos. En este proceso, el espesor de capa se puede controlar con mucha precisión. En particular en la producción de capas de óxido de aluminio, la ALD produce capas tampón con características electrónicas muy ventajosas.
- Preferentemente, la capa tampón comprende espesores de entre 0,1 y 10 nanómetros, preferiblemente entre 1 y 3 nanómetros. En particular en caso de un espesor de entre 1 y 3 nm, gracias a la presencia de una cantidad suficiente de cargas enlazadas se obtendrá una buena pasivación y al mismo tiempo una alta probabilidad de tunelización.
- En un perfeccionamiento ventajoso, está previsto que la capa semiconductor esté hecha de un semiconductor cristalino. Éste puede ser, por ejemplo, una oblea semiconductor que sirve como punto de partida para la producción de la célula solar.
- En una realización conveniente, está previsto que la capa semiconductor sea una capa semiconductor tipo n o tipo p. Así, la capa semiconductor comprende un dopado base. Además, debido a la capa tampón, debajo de la capa tampón se puede inducir una capa de inversión o una capa de acumulación, donde, por ejemplo, una capa tampón, dependiendo de los signos de su densidad de carga superficial, induce en una capa semiconductor tipo n una capa de acumulación tipo n^+ o una capa de inversión tipo p. El dopado de la capa semiconductor puede realizarse durante su producción o posteriormente, mediante una etapa de difusión.
- En este contexto se ha de señalar que los conceptos "tipo n" o "tipo p" indican que la capa semiconductor ha sido dopada con un material de dopado de modo que forma un semiconductor tipo n o tipo p. En el presente documento, estos conceptos se utilizan como sinónimos de los conceptos "dopado n" y "dopado p".
- De acuerdo con una realización preferente, la capa semiconductor contigua a la capa tampón comprende una capa de dopado y/o una capa de inversión o de acumulación inducida mediante la capa tampón. Tanto la capa de dopado como la capa de inversión son adecuadas para generar una flexión de banda, de modo que en el semiconductor se produce una separación de portadores de carga, generándose estos portadores de carga por la incidencia de luz. Por ejemplo, en esta disposición, la capa semiconductor puede comprender un dopado base de modo que esta capa, junto con la capa de inversión inducida dentro de la misma, forma una unión pn.
- Alternativamente, entre la capa semiconductor con dopado base y la capa de dopado se puede haber formado ya una unión pn de este tipo. En este caso, la capa de acumulación inducida puede utilizarse para controlar las

características electrónicas del contacto túnel, formado mediante la capa tampón entre la capa semiconductor y la capa colectora.

5 Convenientemente está previsto que la capa tampón esté diseñada como una capa antirreflectante (capa AR). Las capas antirreflectantes se utilizan para reducir o evitar por completo la retroreflexión de la luz incidente sobre la célula solar. En consecuencia, la eficiencia de la célula solar se ve incrementada. Preferentemente, la capa AR debería ser eficaz en el intervalo de longitudes de onda para el que está adaptada la célula solar, por ejemplo con la máxima sensibilidad en dicho intervalo. Esta característica se puede ajustar mediante la selección adecuada del material y del espesor de la capa tampón.

10 En una realización preferente, está previsto que la capa colectora comprenda un metal, una aleación metálica y/o un material conductor transparente. Además, la capa colectora puede estar estructurada, por ejemplo para formar dedos electrodos mediante los cuales se puede derivar la corriente generada en la célula solar. El material conductor transparente es un material que es transparente para el espectro de longitudes de onda para el que está diseñada la célula solar, por ejemplo el espectro visible y/o infrarrojo. Preferentemente, el material es un óxido conductor transparente (TCO) tal como óxido de indio-estaño (ITO), óxido de zinc o similares.

15 En una realización ventajosa, está previsto que la capa colectora comprenda un semiconductor. En este caso, sobre la capa colectora se aplica preferentemente una capa de contacto que también está estructurada para acomodar los portadores de carga que han pasado por tunelización a la capa colectora. Ventajosamente está previsto que la capa colectora presente un dopado n o un dopado p. Un ejemplo de capa colectora que comprende semiconductores es una capa que comprende silicio policristalino altamente dopado.

20 En una realización conveniente, está previsto que la capa colectora comprenda un semiconductor amorfo. Por ejemplo, se puede tratar de una capa de heterounión que comprende un material semiconductor amorfo o microcristalino, mientras que la capa semiconductor dispuesta por debajo de la capa tampón es cristalina. Normalmente, entre estas capas semiconductoras de diferente estructura cristalina se inserta una capa semiconductor amorfa intrínseca para la pasivación. Un ejemplo de heterounión es una disposición de capas que comprenden silicio cristalino (Si-c) y silicio amorfo o silicio microcristalino (Si-a o Si- μ c).

30 En la presente realización, la capa semiconductor amorfa intrínseca se reemplaza por la capa tampón, de modo que se forma un contacto túnel entre la capa semiconductor y la capa de heterounión. La sustitución de la capa semiconductor amorfa intrínseca tiene la ventaja de que, a diferencia de lo que ocurre normalmente, no es necesario hallar un equilibrio entre la ganancia de V_{OC} (siendo V_{OC} la tensión de circuito abierto) y las pérdidas de factor de carga (pérdidas FF) ajustando el espesor de la capa intrínseca.

35 En un perfeccionamiento conveniente, está prevista la formación de una capa conductora de un material conductor sobre la capa colectora. En esta disposición, la capa de contacto puede comprender un metal, una aleación metálica y/o un material conductor transparente. Además, la capa de contacto, que puede consistir en un contacto delantero o un contacto trasero, puede estar estructurada, por ejemplo formando contactos en forma de dedo, en caso aplicable con barras colectoras.

40 En una realización preferente está previsto disponer una capa tampón adicional entre la capa semiconductor y una capa colectora adicional, en concreto sobre una cara de la capa semiconductor, orientada en sentido opuesto a la capa tampón. Independientemente de la capa tampón y la capa colectora, la capa tampón adicional y la capa colectora adicional pueden comprender las realizaciones descritas más arriba y más abajo en relación con dicha capa colectora. Por ejemplo, la capa colectora puede comprender una capa metálica, mientras que la capa colectora adicional forma una heterounión con la capa semiconductor.

La invención se explica a continuación en referencia a las Figuras mediante ejemplos de realización. En las figuras se muestran esquemas en sección transversal:

- 45 Fig. 1: una realización de una célula solar que comprende una capa tampón y una capa colectora diseñada como electrodos en forma de dedo;
 Fig. 2: otra realización de la célula solar que comprende una capa tampón y una capa colectora continua;
 Fig. 3: una célula solar que comprende una heterounión donde se incorpora la capa tampón;
 Fig. 4: una célula solar que comprende capas tampón dispuestas sobre ambas caras de la capa semiconductor;
 50 Fig. 5: otra célula solar que comprende una capa de dopado por debajo de la capa tampón;
 Fig. 6: una realización de una célula solar de contacto trasero; y
 Fig. 7: otra realización de una célula solar de contacto trasero.

55 La Fig. 1 muestra una célula solar que comprende una capa semiconductor 1, una capa tampón 3 dispuesta sobre ella y una capa colectora 6 depositada por vapor sobre la capa tampón 3. La capa colectora 6 está estructurada formando electrodos metálicos en forma de dedo y se utiliza para recoger los portadores de carga generados en la capa semiconductor por la luz incidente. Con este fin, la capa tampón aislante eléctrica 3 forma contactos túnel 31

entre la capa semiconductor 1 y la capa colectora 6, a través de los cuales los portadores de carga pasan a la capa colectora 6.

5 La capa tampón 3 es preferentemente una capa de óxido de aluminio aplicada sobre la capa semiconductor 1 por deposición de capas atómicas (ALD). Así, se obtiene un espesor de capa que se mantiene esencialmente constante en toda la capa tampón 3, pudiendo ajustarse además con precisión la escala atómica de dicho espesor de capa. De esta manera se pueden ajustar con precisión las características electrónicas de los contactos túnel 31. Así, los contactos túnel 31 son regiones túnel 31 en la capa tampón 3.

10 Directamente por debajo de la capa tampón 3, en la capa semiconductor 1 se forma una capa de dopado 5 por difusión. Alternativamente, la capa de dopado 5 puede aplicarse sobre la capa semiconductor 1 por deposición por vapor. Debido a la densidad de carga de la capa tampón 3, en lugar de la capa de dopado 5 directamente debajo de la capa tampón 3 se puede inducir una capa de inversión o capa de acumulación 4. Por ejemplo, si la capa semiconductor 1 está dopada n, por ejemplo en forma de una oblea semiconductor con dopado base, mediante un proceso de difusión de sobrecompensación subsiguiente se puede producir una capa de dopado 5 con dopado p con el fin de obtener una unión pn. Alternativamente, el uso de un material adecuado para la capa tampón 3, por ejemplo
15 óxido de aluminio, puede hacer que la capa tampón 3 induzca una capa de inversión con dopado p 4 en la capa semiconductor 1, produciendo así la unión pn.

Además, también es posible que la capa tampón 3 produzca en la capa semiconductor 1 una capa de acumulación 4 contigua a la misma. Esto ocurre, por ejemplo, cuando la capa semiconductor 1 presenta un dopado p y la capa tampón 3 comprende óxido de aluminio, como resultado se produce una capa de acumulación 4 con dopado p⁺.

20 Sobre la capa tampón 3 se dispone una capa antirreflectante 11 que, por la selección de un índice de refracción adecuado y de un espesor de capa adecuado, está diseñada para reducir al mínimo o evitar la reflexión de la luz incidente al menos en una región espectral y en una región de ángulo de incidencia definidas. Los electrodos en forma de dedo que forman la capa colectora 6 están parcialmente rodeados por la capa antirreflectante 11. En lugar de la capa antirreflectante adicional 11, la capa tampón 3 puede ser utilizada como capa antirreflectante si se eligen
25 adecuadamente el material y el espesor de capa.

La Figura 2 muestra una célula solar según otra realización donde la capa colectora 6 comprende una capa continua, que se extiende sin estructura sobre una superficie de una célula solar, y que comprende un material conductor, por ejemplo un metal. Para asegurar que el contacto túnel 31 entre la capa de inversión o de acumulación 4 o la capa de dopado 5 en la capa semiconductor 1 a través de la capa tampón 3 sólo se forme localmente y no a lo largo de toda la capa tampón 3, entre la capa tampón 3 y la capa colectora 6 se dispone una capa aislante 8 que
30 comprende una abertura por encima del contacto túnel 31.

Las Fig. 1 y 2 sólo muestran el contacto delantero de la célula solar. En estas figuras se han omitido los contactos de la superficie trasera para proporcionar una mejor vista de conjunto. Por ejemplo, las capas colectoras 3 mostradas en las Fig. 1 y 2 pueden constituir en cada caso una capa colectora delantera 3 y una capa colectora trasera 3 de la
35 misma célula solar.

La Fig. 3 muestra una célula solar que presenta contactos por ambos lados y que comprende una heterounión. La heterounión se forma entre la capa semiconductor 1 y la capa colectora 6, entre las que está dispuesta la capa tampón 3. Por ejemplo, la capa colectora 6 puede comprender silicio amorfo, mientras que la capa semiconductor 1 está formada por silicio cristalino. Esencialmente, toda la capa tampón 3 actúa como una capa túnel 31. Por
40 consiguiente, en comparación con una heterounión convencional con una capa semiconductor cristalina, una capa semiconductor amorfa y una capa semiconductor amorfa intrínseca dispuesta entre las mismas, en la presente realización se crea una heterounión alternativa.

La utilización de ALD permite controlar con precisión el espesor de una capa tampón 3 que, por ejemplo, comprende óxido de aluminio. Además, las capas tampón 3 que han sido depositadas por vapor de este modo y que presentan una densidad de carga superficial suficientemente alta, conducen a una excelente pasivación superficial. Por otro
45 lado, en este caso también se puede formar una capa de inversión o capa de acumulación 4 (no mostrada) en la capa semiconductor 1 por debajo de la capa tampón 3, como ya se ha explicado con referencia a las Fig. 1 y 2.

Sobre la capa colectora 6 está dispuesta una capa de contacto 7 que comprende, por ejemplo, un material conductor transparente. Por último, la célula solar comprende un electrodo de superficie delantera 91 y un electrodo de superficie trasera 92. El electrodo de superficie trasera 92 tiene una forma plana, mientras que el electrodo de superficie delantera 91 está estructurado formando dedos de electrodo para que la luz incidente pueda llegar a la célula solar a través de la capa de contacto 7 con poca sombra. Encima del electrodo de superficie trasera 92, la
50 capa semiconductor 1 puede comprender adicionalmente una capa de dopado para mejorar el contacto óhmico entre la capa semiconductor 1 y el electrodo de superficie trasera 92.

55 La Fig. 4 muestra otra célula solar con contacto por ambas caras. Esta célula solar comprende una capa tampón 3 sobre ambas caras de la capa semiconductor 1. Una capa tampón en superficie delantera 3a va seguida de una

capa de inversión o capa de acumulación 4 inducida en la capa semiconductor 1 como resultado de la primera, mientras que una capa tampón superficie trasera 3b está formada sobre una capa de dopado 5. Las capas colectoras 6 asociadas a las capas tampón 3a, 3b son un electrodo de superficie delantera estructurado 91 y un electrodo de superficie trasera 92 que se extiende por toda la superficie. Correspondientemente, en la capa tampón superficie delantera 3a se forman regiones túnel 31 de área delimitada, mientras que toda la capa tampón superficie trasera 3b actúa esencialmente como un contacto túnel 31.

De modo similar a la realización de la Fig. 1, en este caso también aquí está formada una capa antirreflectante 11 sobre la capa tampón superficie delantera 3a. En la realización delantera, la capa de inversión o de acumulación 4 y la capa de dopado 5 se pueden intercambiar, o la capa semiconductor 1 puede comprender por ambos lados una capa de inversión o de acumulación 4 y/o una capa de dopado 5.

La Fig. 5 muestra una célula solar donde la capa semiconductor 1, en una cara, comprende tanto una capa de inversión o de acumulación 4 como una capa de dopado 5. Sin embargo, para la formación de la capa de dopado 5, la capa semiconductor 1 sólo está dopada en aquellas secciones situadas por debajo de los electrodos de superficie delantera en forma de dedo 91 y, en consecuencia, por debajo de las regiones túnel 31 que se forman entre la capa colector 6 y la capa semiconductor 1. Mientras que en la presente realización la capa de inversión o de acumulación 4 es responsable de la flexión de banda y, por consiguiente, de la separación de portadores de carga, con una selección adecuada de sus parámetros de dopado, por ejemplo el tipo de dopado, la intensidad del dopado, la profundidad des dopado y similares, la capa de dopado 5 sirve en parte o exclusivamente para mejorar el contacto túnel 31.

La Fig. 6 muestra una célula solar de contacto trasero que incluye una capa semiconductor 1 y que comprende una capa tampón 3 sobre la cara trasera. La capa tampón 3 comprende una capa aislante 8 de un material aislante eléctrico adecuado, disponiéndose sobre la capa aislante 8 una capa colector 6. La capa colector 6 está dividida en un electrodo base de superficie trasera 92a y un electrodo emisor de superficie trasera 92b. El electrodo base de superficie trasera 92a está conectado a una capa de dopado 5 mediante un contacto túnel 31 formado en la capa tampón 3. El electrodo emisor de superficie trasera 92b está conectado a una capa de inversión o de acumulación 4 inducida en la capa semiconductor 1 debido a la carga superficial de la capa tampón 3, a través de un contacto túnel 31 adicional. Así, la capa de inversión o de acumulación 4 forma el emisor en la célula solar.

En esta realización la capa de inversión o capa de acumulación 4 y la capa de dopado 5 también se pueden solapar.

Sobre la capa semiconductor 1, y por consiguiente sobre la superficie de incidencia de luz de la célula solar, está prevista una capa de dopado adicional 5 cubierta por una capa antirreflectante 11. También en este caso, la capa de dopado 5 puede sustituirse por una capa de inversión o de acumulación 4 inducida mediante una capa tampón 3 dispuesta por debajo de la capa antirreflectante 11 (capa tampón 3 que, sin embargo, en la presente invención sólo actúa como capa de inversión).

La Fig. 7 muestra otra realización de una célula solar de contacto trasero. Ésta se diferencia de la célula solar de la Fig. 6 en que el electrodo emisor de superficie trasera 92b está conectado a la capa semiconductor 1 a través de una heterounión similar a la mostrada en la Fig. 3. También en esta realización, la capa tampón 3 por debajo de la capa colector 6 forma un contacto túnel 31 que se expande de forma plana.

Lista de caracteres de referencia:

1	Capa semiconductor
3	Capa tampón
3a	Capa tampón de superficie delantera
3b	Capa tampón de superficie trasera
31	Contacto túnel (región túnel)
4	Capa de inversión (capa de acumulación)
5	Capa de dopado
6	Capa colector
7	Capa de contacto
8	Capa de aislamiento
91	Electrodo de superficie delantera
92	Electrodo de superficie trasera
92a	Electrodo base de superficie trasera
92b	Electrodo emisor de superficie trasera
11	Capa antirreflectante

REIVINDICACIONES

- 5 1. Célula solar que comprende una capa semiconductor (1), una capa colectora (6) para recoger portadores de carga libres de la capa semiconductor (1) y una capa tampón (3) dispuesta entre la capa semiconductor (1) y la capa colectora (6), capa tampón (3) que está diseñada como un contacto túnel (31) entre la capa semiconductor (1) y la capa colectora (6), estando hecha la capa tampón (3) esencialmente de un material con una densidad de carga superficial de al menos 10^{12} cm^{-2} , preferentemente al menos $5 \cdot 10^{12}$ cm^{-2} , de forma especialmente preferente de al menos 10^{13} cm^{-2} , caracterizada porque la capa semiconductor (1) adyacente a la capa tampón (3) comprende una capa de dopado (5) y/o una capa de inversión (4) o capa de acumulación (4) inducida mediante la capa tampón (3).
- 10 2. Célula solar según la reivindicación 1 o 2, caracterizada porque la capa tampón (3) está hecha esencialmente de un material con una densidad de carga superficial negativa.
3. Célula solar según la reivindicación 1 o 2, caracterizada porque la capa tampón (3) está hecha esencialmente de óxido de aluminio.
- 15 4. Célula solar según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque la capa tampón (3) está formada sin poros.
5. Célula solar según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque la capa tampón (3) se aplica mediante deposición de capa atómica.
- 20 6. Célula solar según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque la capa tampón (3) presenta un espesor entre 0,1 y 10 nm, preferentemente entre 1 y 3 nm.
7. Célula solar según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque la capa semiconductor (1) está hecha de un semiconductor cristalino.
8. Célula solar según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque la capa semiconductor (1) presenta un dopado n o un dopado p.
- 25 9. Célula solar según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque la capa tampón (3) está diseñada como una capa antirreflectante (11).
10. Célula solar según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque la capa colectora (6) comprende un metal, una aleación metálica y/o un material conductor transparente.
- 30 11. Célula solar según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizada porque la capa colectora (6) comprende un semiconductor.
12. Célula solar según la reivindicación 11, caracterizada porque la capa colectora (6) comprende un semiconductor amorfo.
13. Célula solar según la reivindicación 11 o 12, caracterizada porque la capa colectora (6) presenta un dopado n o un dopado p.
- 35 14. Célula solar según cualquiera de las reivindicaciones 11 a 13, caracterizada porque sobre la capa colectora (6) se forma una capa de contacto (7) de un material conductor.
15. Célula solar según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque en una cara de la capa semiconductor (1) orientada en sentido opuesto a la capa tampón (3a; 3b) está prevista una capa tampón adicional (3b; 3a) entre la capa semiconductor (1) y una capa colectora adicional (3).

40

Fig.1

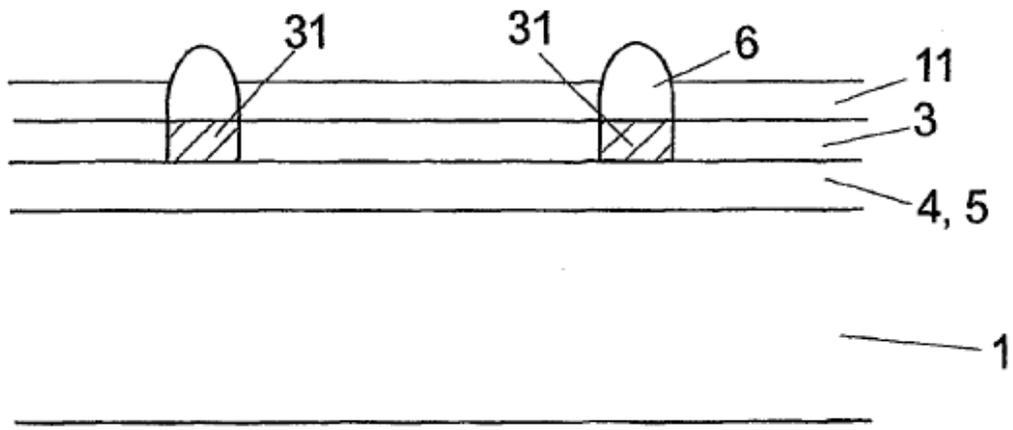


Fig.2

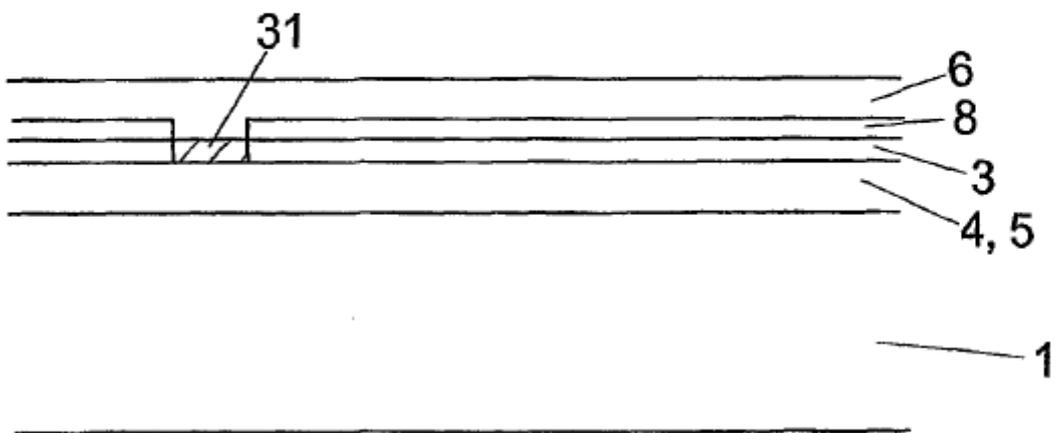


Fig.3

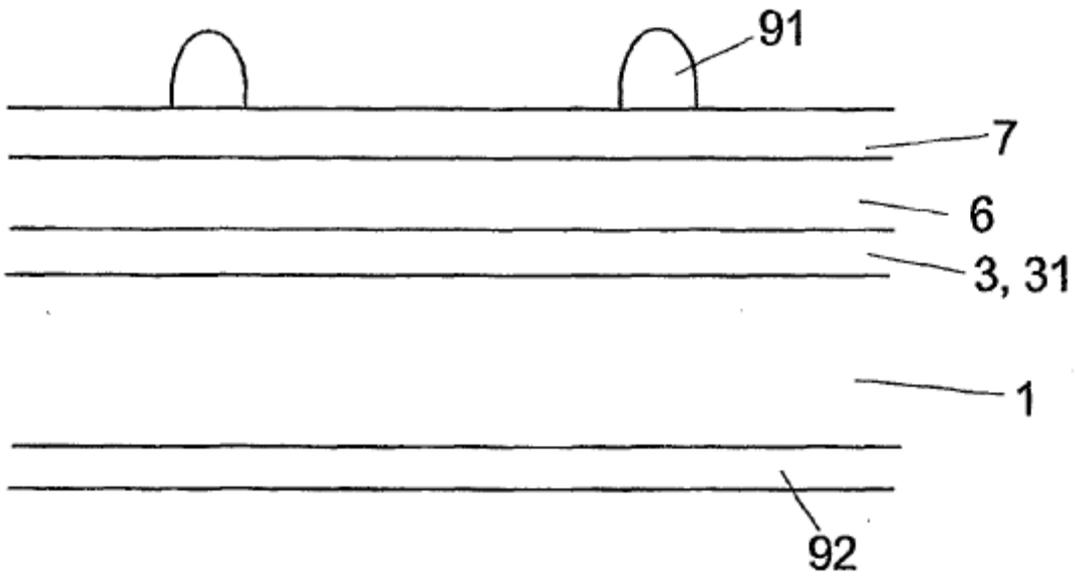


Fig.4

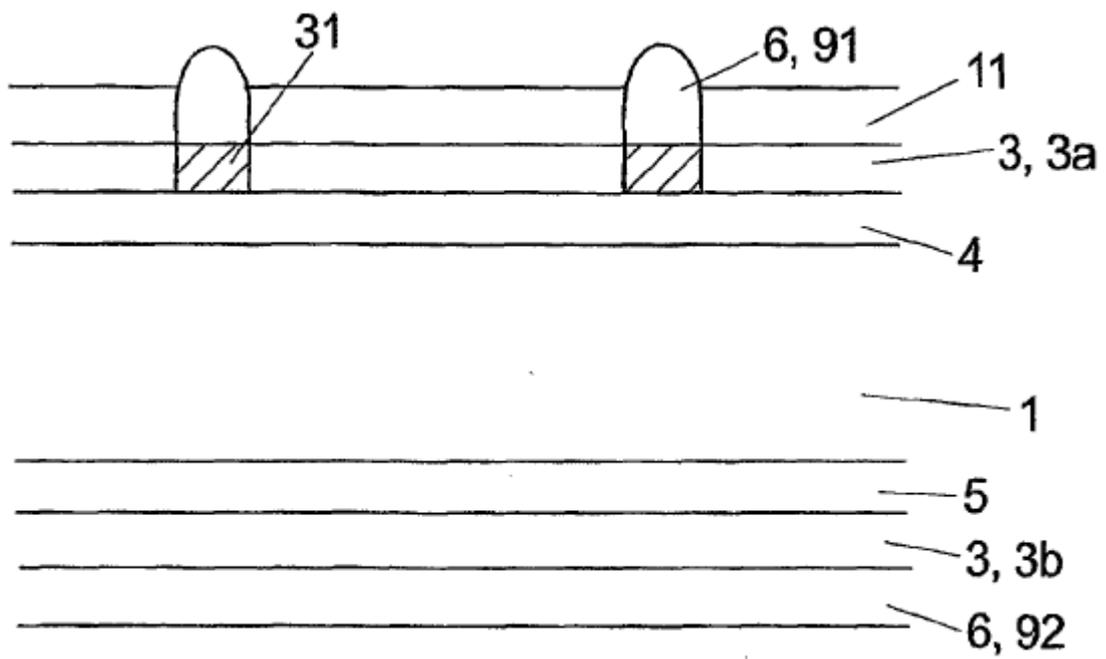


Fig.5

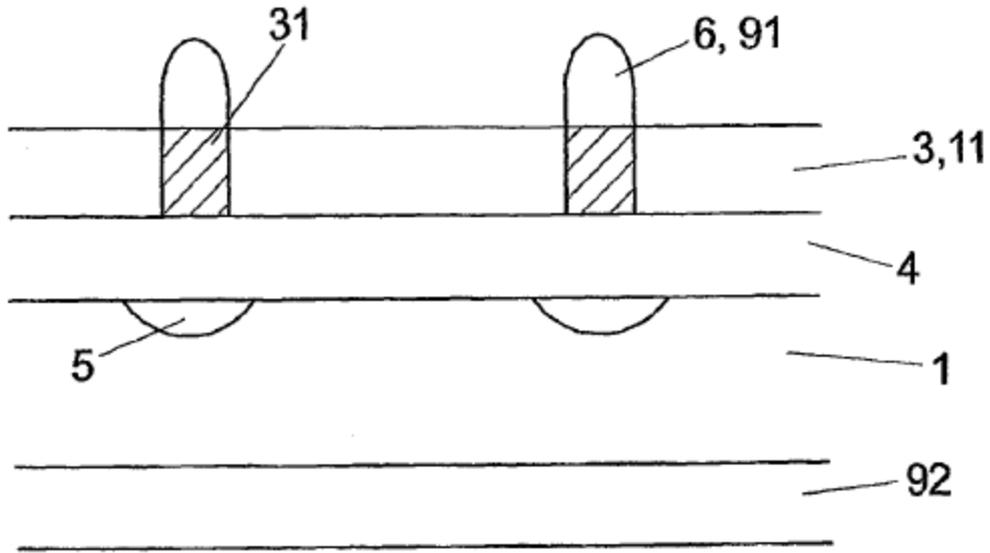


Fig. 6

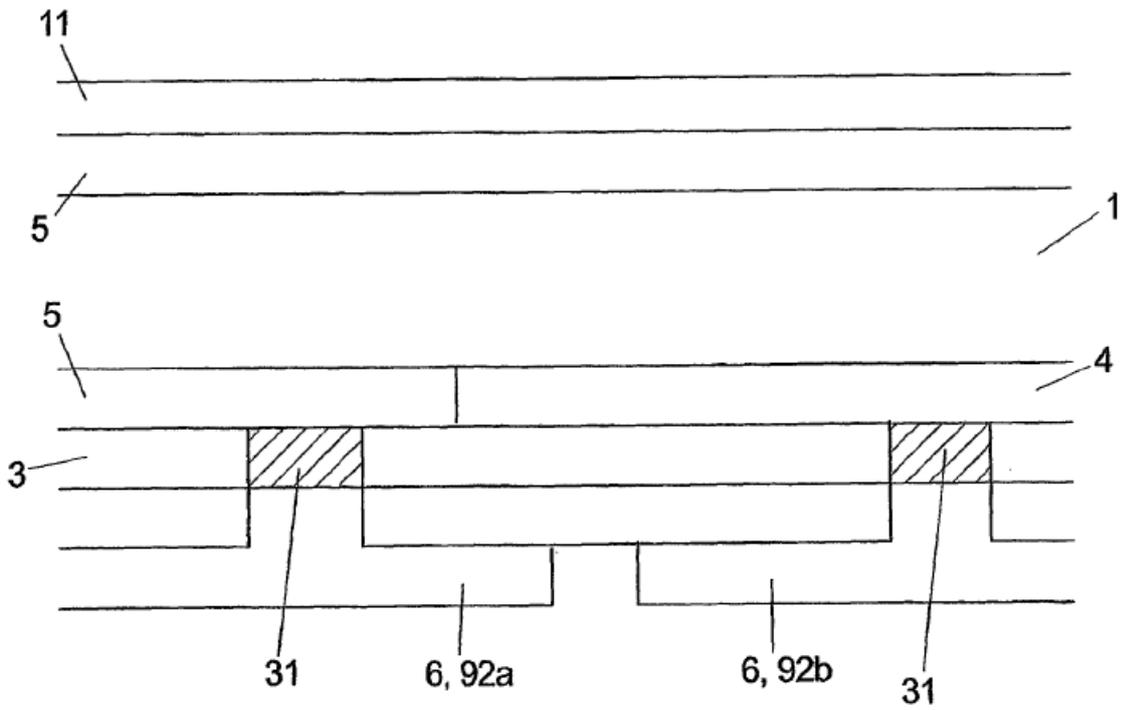


Fig. 7

