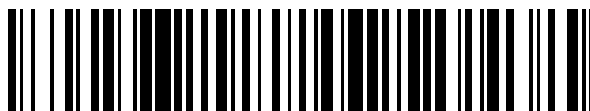


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 408 194**

51 Int. Cl.:

H01L 31/0216 (2006.01)

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 09801964 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.02.2013** **EP 2380203**

54 Título: **Célula solar**

30 Prioridad:

19.12.2008 DE 102008055028

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;
DINGEMANS, GIJS y
KESSELS, WILHELMUS MATHIJS MARIE**

74 Agente/Representante:

AZNÁREZ URBIETA, Pablo

ES 2 408 194 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.

La invención se refiere a una célula solar con una capa de inversión o capa de acumulación.

5 Con el fin de separar los portadores de carga libres en un semiconductor, donde dichos portadores de carga han sido generados por luz incidente, las células solares de semiconductores habitualmente comprenden regiones semiconductoras fabricadas en diferentes materiales y/o dopadas con diferentes materiales de dopado. Entre las dos regiones semiconductoras, que en regla se denominan base y emisor, se forma entonces una heterounión y/o una unión pn en la cual se separan los portadores de carga libres produciendo así una tensión derivable.

10 Adicional o alternativamente al dopado, la base y el emisor también se pueden producir induciendo portadores de carga en una región superficial de un semiconductor dopado con el fin de producir en dicha región una capa de inversión o capa de acumulación. De forma similar a la de un transistor de efecto de campo, en el semiconductor dopado, debido a la flexión de banda, los portadores de carga mayoritarios adicionales son arrastrados hacia la región superficial para formar una capa de acumulación, o los portadores de carga minoritarios son arrastrados hacia adentro mientras los portadores de carga mayoritarios son empujados afuera de la región superficial con el fin de lograr una inversión de portadores de carga, formando así una capa de inversión. Al mismo tiempo, como resultado de la formación de la capa de inversión o capa de acumulación, se logra una pasivación de la superficie semiconductor, ya que, debido al desplazamiento de un tipo de portador de carga, se reduce la recombinación de portadores de carga en defectos superficiales.

20 El nitruro de silicio (SiN_x), que se utiliza en las llamadas células solares MIS (semiconductor de aislante metálico), es conocido como material con el que se puede producir una capa de inversión o una capa de acumulación. En esta disposición, una capa inductora hecha de SiN_x se aplica sobre una capa semiconductor. Debido a la densidad de carga superficial positiva de la capa de SiN_x , en una región superficial de la capa semiconductor se produce una capa de inversión o una capa de acumulación, dependiendo del dopado de la capa semiconductor. Al mismo tiempo, la capa de inversión o capa de acumulación se puede utilizar para la pasivación superficial y como capa emisora, actuando la capa semiconductor como una capa base.

30 Las capas inductoras hechas de materiales convencionales como SiN_x tienen la desventaja de que sólo permiten una pequeña inversión de portadores de carga o acumulación de portadores de carga. Esto resulta en una capa de inversión o capa de acumulación con sólo una pequeña conductividad lateral. Además, no forman capas que produzcan una pasivación adecuada, de modo que el procesamiento de la superficie semiconductor debe satisfacer unos requisitos estrictos, en particular en caso de superficies no cristalinas.

35 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 $5 \cdot 10^{12} - 7 \cdot 10^{12} \text{ cm}^{-2}$.

El documento "p Inversion Layer Si Solar Cells...", D. König y col., es una ponencia que se refiere a células solares que tienen capas de inversión. Esta estructura de célula solar comprende una capa de silicio tipo n cubierta por una capa de AlF_3 . La capa de inversión tipo p se induce por debajo de la capa de AlF_3 , dentro de la capa de silicio debido a la carga superficial negativa de la capa de AlF_3 .

40 Los documentos DE 10 2005 040 871 A1 y "Two-dimensional Modeling of...", M. M. Hilali y col., se refieren a la producción y modelización computacional de células solares *emitter wrap through* (EWT).

45 En la publicación "Silicon Nitride for the Improvement...", R. Hezel, los autores analizan los efectos de diversos parámetros de deposición sobre la densidad de carga superficial de capas de nitruro de silicio. En un caso ilustrativo, se estudió en qué medida la densidad de carga superficial de una capa de nitruro de silicio depende de la temperatura de deposición, informándose de una densidad de carga máxima de $7 \cdot 10^{12} \text{ cm}^{-2}$. En cuanto al sistema experimental, la capa de nitruro de silicio está dispuesta sobre una capa de dióxido de silicio nativo que cubre la capa de silicio.

50 El documento US 5.125.984 describe una célula solar con una capa semiconductor donde se induce una capa de inversión. De acuerdo con una realización, se describe una estructura de célula solar que tiene una capa semiconductor tipo p cubierta por una capa de nitruro de silicio y una capa antirreflectante. La capa de nitruro de silicio se deposita de modo que contiene cargas positivas que inducen una capa de cargas negativas en la capa semiconductor subyacente, dando así una capa de inversión inducida.

El objeto de la invención es obtener una célula solar con una capa de inversión o capa de acumulación que comprenda una conductividad lateral elevada. Además se debe mejorar la pasivación superficial de la célula solar.

De acuerdo con la invención, este objeto se alcanza mediante una célula solar con las características indicadas en la reivindicación 1. En las reivindicaciones dependientes se indican realizaciones ventajosas de la invención.

5 La invención se basa en el reconocimiento de que una alta densidad de carga superficial de al menos 10^{12} cm^{-2} , preferentemente de al menos 10^{13} cm^{-2} , no sólo puede inducir capas de inversión y capas de acumulación de conductividad lateral elevada, sino que también conduce a una mejor pasivación superficial. La inducción o no inducción de una capa de inversión o una capa de acumulación no sólo depende del tipo y la intensidad de cualquier dopado de la capa semiconductor, sino también del signo y la intensidad de las cargas inducidas mediante la capa inductora. La capa inductora puede comprender una densidad de carga superficial positiva o negativa.

10 Preferentemente, la capa de inversión está hecha esencialmente por completo del material con la densidad de carga superficial mencionada. Además, resulta ventajoso, aunque no es obligatorio, disponer la capa inductora directamente sobre la capa semiconductor. También se pueden disponer otras capas intermedias entre la capa inductora y la capa semiconductor, utilizándose estas capas intermedias para mejorar la unión y/o influir en características mecánicas y/o electrónicas de la célula solar.

15 Cuando se indica que la capa de inversión está hecha esencialmente de un material determinado, esto significa en particular que la capa de inversión puede comprender trazas de otros materiales debido a imperfecciones en el proceso de fabricación, en las materias primas o similares.

20 Un posible método para producir una célula solar de este tipo comprende proporcionar una capa semiconductor, por ejemplo en forma de oblea semiconductor o de capa fina, que ha sido depositada por vapor sobre un sustrato. Entonces se aplica la capa inductora a esta capa semiconductor. No obstante, también se puede concebir la secuencia inversa, aplicándose la capa inductora sobre el sustrato, pudiendo comprender la capa inductora una capa colectora o una capa de contacto. Después se aplica la capa semiconductor a esta capa inductora.

25 En esta disposición, la capa semiconductor puede estar total o parcialmente dopada, por ejemplo en una región donde se ha de inducir la capa de inversión o la capa de acumulación. Debido a la densidad de carga superficial de la capa inductora, en la capa semiconductor se produce una flexión de banda, conduciendo esta flexión de banda a la separación de los portadores de carga libres que surgen del semiconductor.

30 Para recoger los portadores de carga así divididos debe existir un contacto de la célula solar como parte del método de fabricación. En esta disposición, con la adecuada selección del material, la capa inductora puede actuar como capa túnel o se pueden formar regiones túnel en la capa inductora. La capa de inversión o la capa de acumulación inducida también puede actuar como campo de superficie trasera (*back-surface field* - BSF). Además, una capa de acumulación inducida ofrece la ventaja de aumentar la conductividad lateral de las mayorías en la capa semiconductor que actúa como absorbente. Dado que las obleas semiconductoras son cada vez más delgadas, esta conductividad lateral adicional adquiere una importancia para reducir al mínimo las pérdidas óhmicas.

35 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 de densidad de carga superficial negativa. La densidad de carga superficial negativa tiene la ventaja de que el material es particularmente adecuado para inducir una capa de acumulación en una capa semiconductor tipo p, que es con mucho el dopado utilizado con mayor frecuencia, por ejemplo en el campo de la tecnología fotovoltaica basada en silicio.

40 Una mejora conveniente prevé la inclusión de óxido de aluminio (Al_2O_3) en la capa inductora. Una capa de óxido de aluminio es particularmente adecuada para una buena pasivación superficial. Además comprende una alta densidad de carga superficial negativa que permite producir una capa de inversión o capa de acumulación tipo p de alta conductividad lateral. Además, la capa de óxido de aluminio se puede aplicar fácilmente con muy poco espesor y no obstante de modo uniforme.

45 En una realización preferente está prevista la formación de una capa de difusión por debajo de la capa inductora en la capa semiconductor, estando la capa de inversión o capa de acumulación, inducida debido a la capa inductora, formada total o parcialmente en la capa de difusión. Por ejemplo, si la capa de difusión es tipo n, como resultado de la capa inductora se puede inducir una capa de acumulación tipo n^+ o una capa de inversión tipo p, dependiendo de la selección de materiales. La capa de difusión se puede obtener, por ejemplo, por dopado con boro.

50 En una realización preferente está previsto que la capa inductora esté formada sin poros. Dicho de otro modo, la capa inductora está formada de un modo tan uniforme y/o libre de defectos que en ella no se forma ningún orificio pasante (poro). En este caso, la capa inductora está aislada eléctricamente de modo adecuado y, en consecuencia, es particularmente adecuada para la creación de contactos túnel.

55 Preferentemente, la capa inductora se forma mediante deposición de capas atómicas (ALD). Mediante la ALD es posible formar capas particularmente uniformes y completas, en particular de óxido de aluminio. Además, el espesor de capa se puede ajustar con mucha precisión, en casos ideales con una exactitud de una única capa atómica.

5 En un perfeccionamiento ventajoso está previsto que la capa inductora tenga un espesor de entre 0,1 y 10 nanómetros, preferentemente de entre 0,1 y 5 nanómetros. Preferiblemente, la capa inductora es aislante eléctrica (incluso cuando es muy delgada, con una magnitud de unas pocas capas atómicas), de modo que en su interior se forman regiones túnel a través de las cuales los portadores de carga libres pasan de la capa de inversión o de la capa de acumulación a una capa conductora o similar dispuesta por encima de la capa inductora.

10 Alternativamente, también pueden resultar ventajosos otros espesores de capa. Por ejemplo, para la adaptación óptica resultan ventajosas capas de gran espesor en la parte delantera y/o la parte trasera de la célula solar. Para obtener una capa combinada de este tipo que actúe como capa túnel y al mismo tiempo obtener ventajas ópticas, tales como adaptación antirreflectante o mayor reflexión en la superficie trasera, junto con una metalización de dicha superficie trasera, puede resultar ventajoso un espesor de capa total superior a aproximadamente 50 nm. Por ejemplo, cuando se utiliza dióxido de aluminio para la adaptación antirreflectante delantera resulta conveniente un espesor de capa igual o superior a aproximadamente 50 nm. En cambio, cuando se utiliza dióxido de aluminio para aumentar la reflexión en la superficie trasera, resulta práctico un espesor de capa igual o superior a 100 nm.

15 En una realización conveniente, está previsto que la capa inductora se extienda esencialmente sobre una superficie completa de la capa semiconductor. Esta condición también se puede cumplir en particular si la capa conductora aplicada en la capa inductora está estructurada, por ejemplo formando regiones de capa conductora en forma de dedos, entre las cuales se han formado regiones intermedias expuestas. En este caso, la característica actualmente descrita requiere que la capa inductora esté dispuesta tanto por debajo de la capa conductora en las regiones de capa conductora como en las regiones intermedias que no están cubiertas por la capa conductora, sobre la capa semiconductor. Dicho de otro modo, para formar la capa de inversión o la capa de acumulación se utiliza la misma densidad de carga superficial, independientemente de que la región correspondiente esté cubierta o no por la capa conductora estructurada.

20

25 De acuerdo con una realización preferente, la capa semiconductor comprende silicio cristalino o amorfo. El silicio cristalino puede estar presente por ejemplo en forma de una oblea. No obstante, también puede estar presente en forma de silicio microcristalino. El silicio amorfo puede haber sido producido en un proceso de deposición por vapor sobre un sustrato o superstrato, por ejemplo de cristal, que en caso necesario está revestido con un material conductor transparente.

30 Convenientemente está prevista una capa conductora dispuesta sobre un lado de la capa inductora, lado que está orientado en sentido opuesto a la capa semiconductor. La capa semiconductor se utiliza para recoger los portadores de carga libres generados en el semiconductor y que se han separado debido a la flexión de banda. Dicha capa conductora puede haber sido aplicada sobre toda el área o puede estar estructurada, por ejemplo formando contactos a modo de dedo. La capa conductora puede comprender una capa metálica y/o una capa que incluye un material conductor transparente, por ejemplo un óxido conductor transparente tal como óxido de indio-estaño (ITO) u óxido de zinc. Dicha capa conductora también puede consistir en varias capas, por ejemplo una capa conductora transparente continua y una capa metálica estructurada dispuesta por encima de ésta. Si esta prevista una capa de dopado adicional por debajo de la capa inductora, el dopado está concentrado preferentemente por debajo de la capa metálica, por ejemplo en regiones bajo los contactos en forma de dedo, para un mejor contacto eléctrico con la capa conductora.

35

40 En particular, el uso de Al_2O_3 para formar una capa inductora por debajo de un contacto metálico proporciona la ventaja de que, debido a tal contacto metálico, por debajo del contacto metálico se forman tanto un contacto túnel como una capa de inversión. En el caso de las células solares mencionadas en la introducción, que comprenden capas de inversión de SiN_x , para lograr estos dos efectos se utilizan varias capas de materiales diferentes: una capa que comprende SiN_x para producir la capa de inversión y SiO_2 por debajo del contacto metálico para formar el contacto túnel. Por consiguiente, el Al_2O_3 tiene la ventaja de que, para lograr lo indicado, requiere una estructura más simple con un único sistema material.

45

50 En una realización preferente está previsto formar además una capa semiconductor adicional cristalina o amorfa en un lado de la capa inductora, lado que está orientado en sentido opuesto a la capa semiconductor. Cuando la capa semiconductor está hecha de un material semiconductor cristalino, por ejemplo de silicio cristalino (Si-c), la capa semiconductor adicional puede estar hecha de un material semiconductor amorfo, por ejemplo de silicio amorfo (Si-a), formando una heterounión o heterocontacto con una capa conductora dispuesta por encima de ella.

55 Tradicionalmente, estas heterouniones se forman a partir de una secuencia de capas que comprenden Si-c y Si-a y una capa de silicio amorfo intrínseca dispuesta entre ellas. En esta disposición, la capa de silicio amorfo intrínseca se utiliza para la pasivación superficial. En la presente realización, esta acción de pasivación se consigue mediante la capa inducción, que en adelante también se denomina "capa tampón". La capa tampón forma además una capa túnel en la heterounión, a través de la cual pasan los portadores de carga que se recogen en la capa de Si-a depositada por vapor sobre la misma.

El uso de la capa tampón en lugar de la capa de silicio amorfo intrínseca tiene la ventaja de que el espesor de la capa tampón se puede ajustar con mucha mayor precisión, en particular si se trata de una capa depositada por

vapor mediante ALD, por ejemplo una capa que comprende óxido de aluminio. Si el contacto es un heterocontacto p^+ , donde entonces la capa semiconductor presenta un dopado p y la capa semiconductor adicional presente un dopado p^+ , una capa de inversión de tipo p^+ , por ejemplo inducida por una capa de óxido de aluminio, actúa como drenaje electrónico adicional para los agujeros.

- 5 En una realización conveniente, la célula solar está diseñada como una célula solar con contacto trasero. Preferentemente, la célula solar está diseñada como una célula solar *emitter wrap through* (célula solar EWT). La célula solar EWT comprende poros a través de los cuales las regiones emisoras se extienden desde una cara de incidencia de luz, o cara delantera de la célula solar, hasta una superficie trasera de la célula solar orientada en sentido opuesto a la cara de incidencia de luz. Los poros pueden tener una sección transversal circular, por ejemplo.
- 10 Preferentemente, en esta disposición la capa inductora se extiende parcial o totalmente sobre las paredes de los poros de la célula solar EWT. Esto incluye el caso en el que la capa inductora se extiende exclusivamente sobre las paredes de los poros o, dicho de otro modo, sobre la capa semiconductor en los poros, más que sobre una superficie de la célula solar. En este caso el término "capa semiconductor" se refiere a una capa cilíndrica alrededor del poro.
- 15 La conducción eléctrica dentro de un poro o a través de un poro tiene lugar mediante la capa de inversión o capa de acumulación, a diferencia de la conducción de portadores de carga a través de una capa de dopado o capa de difusión formada a lo largo de la pared del poro. En este contexto, es particularmente importante un control preciso de la deposición por vapor de la capa inductora y también de cualquier otra capa adicional en el poro. La deposición por vapor isotrópica de la capa inductora a lo largo de la pared de un poro resulta particularmente ventajosa. Esto se
- 20 lleva a cabo, por ejemplo, empleando ALD.

La capa inductora producida mediante los métodos o procesos adecuados, por ejemplo ALD, puede tener excelentes características eléctricas incluso con un espesor de capa muy delgado, en particular en los poros de la célula solar EWT. Por esta razón, la célula solar EWT puede comprender poros con un diámetro inferior al convencional. Esto mejora la utilización de la superficie de la célula solar.

- 25 En una realización ventajosa está previsto que la capa inductora se extienda sobre la capa semiconductor en los poros de una única superficie de la célula solar y/o sobre ambas superficies de la célula solar. Esto conduce a una gran variedad de diseños cuando se usa una capa inductora de este tipo en las células solares.

A continuación, la invención se explica con referencia a las figuras y en base a ejemplos de realización. En las figuras, esquemáticas en sección transversal:

- 30 Fig. 1: una célula solar que comprende una capa inductora dispuesta por debajo de un electrodo de superficie delantera;
 Fig. 2: una célula solar según otra realización con una capa inductora dispuesta por debajo de un electrodo de superficie trasera;
 Fig. 3: otra célula solar con una capa inductora dispuesta por debajo de una capa de heterounión;
 35 Fig. 4: una realización de una célula solar EWT; y
 Fig. 5: otra realización de una célula solar EWT.

- La Fig. 1 muestra una célula solar que comprende una capa semiconductor 1 y una capa inductora 3 depositada por vapor sobre la misma. Inmediatamente por debajo de la capa inductora 3, se induce una capa de inversión o una capa de acumulación 4 en la capa semiconductor 1. Dependiendo del signo de la carga superficial de la capa de inversión 3, la capa de inversión o capa de acumulación 4 es tipo n o tipo p. La profundidad y el espesor de la capa de inversión o capa de acumulación 4 dependen de los materiales de la capa semiconductor 1 y de la capa inductora 3, así como de la densidad de carga superficial de la carga inductora 3.
- 40

- Además, la capa inductora 3, que preferentemente es eléctricamente aislante, forma en algunas regiones contactos túnel 31 entre la capa semiconductor 1 y una capa conductora 7 aplicada sobre la capa inductora 3. La capa conductora 7 está estructurada formando contactos en forma de dedo (contactos de dedo), configurando así un electrodo de superficie delantera 91 de la célula solar. Éste comprende preferentemente un metal o una aleación metálica.
- 45

- Si la capa semiconductor 1 es en una oblea semiconductor tipo n cubierta por una capa inductora 3 con carga superficial negativa, por ejemplo un óxido de aluminio, en la capa semiconductor 1 se induce una capa de inversión 4 tipo p. En este caso, se forma una unión pn que separa las cargas entre la capa semiconductor 1 tipo n y la capa de inversión 4 tipo p.
- 50

- Alternativamente, la capa semiconductor 1 se puede dotar originalmente de un dopado p, de modo que una capa inductora 3 con una carga superficial negativa induce una capa de acumulación 4 tipo p^+ en la capa semiconductor 1. En este caso, esta capa de acumulación 4 puede servir para controlar las características eléctricas de los contactos túnel 31.
- 55

Sobre una cara de la capa semiconductor 1 orientada en sentido opuesto a la capa inductora 3, está prevista una capa de dopado 5, formada, por ejemplo, por difusión de un metal de dopado en la capa semiconductor 1. Sobre la capa de dopado 5 está dispuesto un electrodo de superficie trasera 92. Dependiendo del tipo de conducción de la capa de dopado 5 en comparación con la capa semiconductor 1, en medio se crea una unión pn o se forma una conexión óhmica entre la capa semiconductor 1 y el electrodo de superficie trasera 92.

La Fig. 2 muestra otra realización de una célula solar donde la capa inductora 3 se ha aplicado sobre la superficie trasera de la capa semiconductor 1 o, dicho de otro modo, sobre una cara de la célula solar orientada en sentido opuesto a la cara donde incide la luz. A diferencia de la realización de la Fig. 1, el electrodo de superficie delantera 91 se dispone sobre una capa de dopado 5, mientras que una capa conductora 7, que se extiende esencialmente sobre toda el área, se dispone sobre la capa inductora 3, formando así un electrodo de superficie trasera 92. Dado que la capa conductora 7 cubre toda el área, la capa inductora 3 completa sirve como una región túnel 31 o capa túnel entre la capa conductora 7 y la capa semiconductor 1 de la capa de inversión o capa de acumulación 4 inducida por la capa inductora 3.

Además, sobre la capa de dopado 5 de la célula solar de la Fig. 2 se dispone una capa antirreflectante 11 que comprende los contactos de dedo del electrodo de superficie delantera 91. Como resultado de la selección del material y del espesor de la capa antirreflectante 11, la reflexión de la luz que incide en la célula solar se reduce considerablemente, por ejemplo en una región visible y/o infrarroja. Con la selección de un material adecuado y un espesor de capa adecuado, en la realización de la célula solar de la Fig. 1, la capa inductora 3 puede estar diseñada como una capa antirreflectante.

La Fig. 3 muestra una célula solar con una heterounión. Ésta comprende una capa semiconductor 1 con una capa inductora 3 dispuesta sobre ella, por debajo de la cual se forma una capa de inversión o capa de acumulación 4, como ya se ha explicado. Sobre la capa de inversión 3 se aplica una capa de heterounión 6 de un material semiconductor amorfo, por ejemplo, mediante un proceso de deposición física en fase de vapor (PVD) o un proceso de deposición química en fase de vapor (CVD). Entre la capa de heterounión 6 y la capa semiconductor 1 se forma la heterounión, actuando la capa inductora 3 al mismo tiempo tanto como capa tampón 3 como de contacto túnel 31 a través del cual los portadores de carga libres se mueven desde la capa semiconductor 1 a la capa de heterounión 6.

En la presente realización de la Fig. 3, la capa inductora 3 sirve tanto para inducir la capa de inversión o la capa de acumulación 4 como para formar un contacto túnel 31. Además, la capa inductora 3 se puede utilizar para la pasivación superficial. La capa de heterounión 6 está cubierta por una capa conductora 7 que comprende, por ejemplo, un material conductor transparente, tal como óxido de zinc u óxido de indio-estaño. Sobre la capa conductora 7 se disponen electrodos de superficie delantera 91 en forma de dedo para derivar los portadores de carga que se han movido desde la capa de heterounión 6 a la capa conductora 7. En este caso, la capa conductora 7 puede diseñarse para actuar al mismo tiempo como capa antirreflectante.

Por último, sobre una superficie de la capa semiconductor 1 orientada en sentido opuesto a la capa de heterounión 6 se dispone directamente un electrodo de superficie trasera 92 que cubre toda el área. El electrodo de superficie posterior 92 sirve para crear un campo de superficie trasera (*back-surface field* - BSF), comprendiendo dicho electrodo de superficie trasera 92, por ejemplo, aluminio, aplicado por ejemplo en forma de pasta. No obstante, también es posible que la célula solar incluya también en la superficie trasera uno o más de los contactos arriba explicados en el contexto de las Fig. 1 a 3, por ejemplo una heterounión.

La Fig. 4 muestra una célula solar *emitter wrap through* (célula solar EWT) con dos electrodos de superficie trasera 92a, 92b. La célula solar EWT comprende una capa semiconductor 1, consistente por ejemplo en una oblea semiconductor con poros 12 que se extienden a través de la misma, en la Fig. 4 se muestra un único poro 12. Las dos caras de la capa semiconductor 1 están cubiertas por una capa inductora 3 que también se extiende sobre la pared 121 del poro 12. Directamente por debajo de la capa inductora 3, en la capa semiconductor 1 se induce una capa de inversión o capa de acumulación 4. Además, la capa semiconductor 1 por debajo de la capa inductora 3 comprende, en una región, una capa de dopado 5, que puede producirse por ejemplo por difusión, antes de la aplicación de la capa inductora 3.

La capa de inversión o capa de acumulación 4 o bien forma la unión de separación de cargas con la capa semiconductor 1, o bien sirve para influir en el contacto túnel 31 formado por la capa inductora 3 con uno de los electrodos de superficie trasera 92a, 92b si se trata de una capa de acumulación 4. De modo similar, la capa de dopado 5 se puede diseñar para formar una unión de separación de cargas entre la capa semiconductor 1 y la capa de dopado 5, por ejemplo si la capa semiconductor 1 presenta un dopado n y la capa de dopado 5 es tipo p. Alternativamente, la capa de dopado 5 puede servir para influir en el contacto túnel 31 entre la capa de dopado 5 y uno de los electrodos de superficie trasera 92a, 92b, por ejemplo si la capa semiconductor 1 presenta un dopado n y la capa de dopado 5 presenta un dopado n⁺.

En este caso, por ejemplo, la capa de dopado 5 presenta el mismo tipo de conducción, es decir conductividad tipo p o tipo n, que la capa semiconductor 1, que generalmente se considera como la base. Así, la capa de dopado 5 está

5 conectada con el electrodo base de superficie trasera 92a mediante el contacto túnel 31 en la capa inductora 3. En cambio, la capa de inversión o capa de acumulación 4 inducida por la capa inductora 3 está conectada con el electrodo emisor de superficie trasera 92b mediante un contacto túnel 31 en la capa inductora 3. Además, en la realización mostrada, en la capa semiconductor 1 se forma una capa de dopado adicional 5' por debajo del contacto túnel 31 con el electrodo emisor de superficie trasera 92b. La capa de dopado adicional 5' puede consistir, por ejemplo, en una región tipo n⁺ o tipo p⁺ generada por difusión de un material de dopado, por ejemplo boro.

Por debajo del electrodo base de superficie trasera 92a y el electrodo emisor de superficie trasera 92b está prevista una capa aislante 8, que comprende aberturas en los lugares que presentan contactos túnel 31 con la capa semiconductor 1.

10 Las líneas discontinuas de la Fig. 4 indican que el poro 12 también se extiende a través de las capas adicionales 3, 8, 92b. Esto también es aplicable a las capas adicionales 6, 7, 11, 92b de la Fig. 5.

15 La Fig. 5 muestra otra célula solar EWT, que se diferencia de la realización mostrada en la Fig. 4 en que el electrodo emisor de superficie trasera 92b está en contacto con la célula solar por medio de una heterounión que comprende una capa de heterounión 6 dispuesta sobre la capa inductora 3. Además, entre el electrodo emisor de superficie trasera 92b y la capa de heterounión 6 está dispuesta una capa conductora 7. La capa conductora 7 puede consistir, por ejemplo, en un material conductor transparente y puede utilizarse para mejorar la retroreflexión de la radiación electromagnética que incide sobre el electrodo emisor de superficie trasera 92b de vuelta hacia la capa semiconductor 1.

20 Además, en su superficie de incidencia de luz, la célula solar EWT de la Fig. 5 comprende una capa antirreflectante 11. En la célula solar EWT según el ejemplo de realización de la Fig. 4, también se puede prever una capa antirreflectante 11 de este tipo. Alternativamente, en ambos ejemplos de realización, la capa inductora 3 puede estar diseñada como capa antirreflectante, al menos en la superficie de incidencia de luz o la superficie delantera de la célula solar, de modo que ya no es necesario prever aquí ninguna capa antirreflectante 11 adicional.

25 Las realizaciones arriba descritas consisten esencialmente en capas planas de semiconductores que se extienden cualquier distancia deseada a lo largo de dos coordenadas cartesianas. Aunque no se muestran en las figuras, también son posibles capas configuradas de algún otro modo, por ejemplo capas curvadas en forma de plato o de copa. Además, estas capas pueden haber sido formadas a modo de una isla sobre la célula solar.

Lista de caracteres de referencia:

1	Capa semiconductor
30 3	Capa inductora (capa tampón)
3a	Capa inductora de superficie delantera (capa tampón)
3b	Capa inductora de superficie trasera (capa tampón)
31	Contacto túnel (región túnel)
4	Capa de inversión, capa de acumulación
35 5	Capa de dopado
5'	Capa de dopado adicional
6	Capa de heterounión
7	Capa conductora
8	Capa de aislamiento
40 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
45 12	Poro
121	Pared de poro

REIVINDICACIONES

- 5 1. Célula solar que comprende una capa semiconductor (1) con un primer dopado, una capa inductora (3) dispuesta sobre la capa semiconductor (1) y una capa de inversión (4) o capa de acumulación (4), inducida por la capa inductora (3) en la capa semiconductor (1), por debajo de la capa inductora (3), estando hecha la capa inductora (3) esencialmente por completo con un material con una 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} , caracterizada porque la capa inductora (3) está dispuesta directamente sobre la capa semiconductor (1).
- 10 2. Célula solar según la reivindicación 1, 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, caracterizada porque la capa inductora (3) comprende óxido de aluminio.
- 15 4. Célula solar según una de las reivindicaciones 1 o 2, caracterizada porque en la capa semiconductor (1) se forma una capa de difusión (5) por debajo de la capa inductora (3), estando la capa de inversión (4) o capa de acumulación (4), inducida por la capa inductora (3), formada total o parcialmente en la capa de difusión (5).
5. Célula solar según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque la capa inductora (3) está formada sin poros.
- 20 6. Célula solar según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque la capa inductora (3) está formada por deposición de capas atómicas.
7. Célula solar según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque la capa inductora (3) tiene un espesor de entre 0,1 y 10 nm, preferentemente de entre 0,1 y 5 nm.
- 25 8. Célula solar según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque la capa inductora (3) se extiende esencialmente sobre una superficie completa de la capa semiconductor (1).
9. Célula solar según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque la capa semiconductor (1) comprende silicio cristalino o amorfo.
- 30 10. Célula solar según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque sobre un lado de la capa inductora (3) orientado en sentido opuesto a la capa semiconductor (1) se dispone una capa conductora (7).
11. Célula solar según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizada porque sobre un lado de la capa inductora (3) orientado en sentido opuesto a la capa semiconductor (1) se dispone otra capa semiconductor (1) cristalina o amorfa.
- 35 12. Célula solar según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque la célula solar está diseñada como una célula solar de contacto trasero.
13. Célula solar según la reivindicación 11, caracterizada porque está diseñada como una célula solar *emitter wrap through*.
14. Célula solar según la reivindicación 12, caracterizada porque la capa inductora (3) se extiende total o parcialmente sobre las paredes de los poros (12) de la célula solar *emitter wrap through*.
- 40 15. Célula solar según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque la capa inductora (3) se extiende sobre la capa semiconductor (1) en los poros (12) únicamente sobre una superficie de la célula solar y/o sobre ambas superficies de la célula solar.

Fig.1

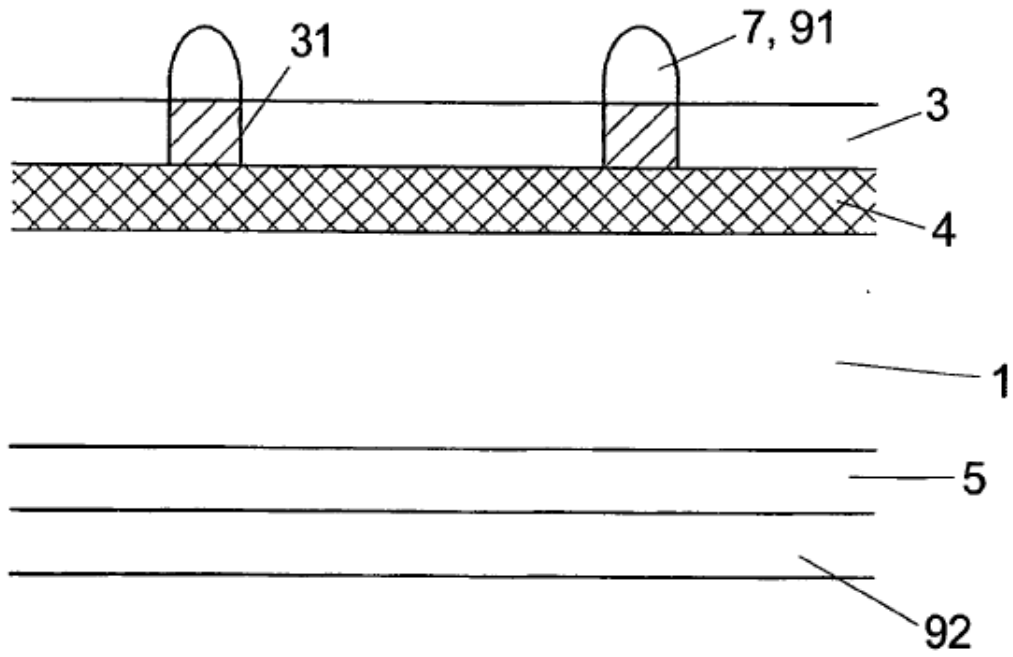


Fig.2

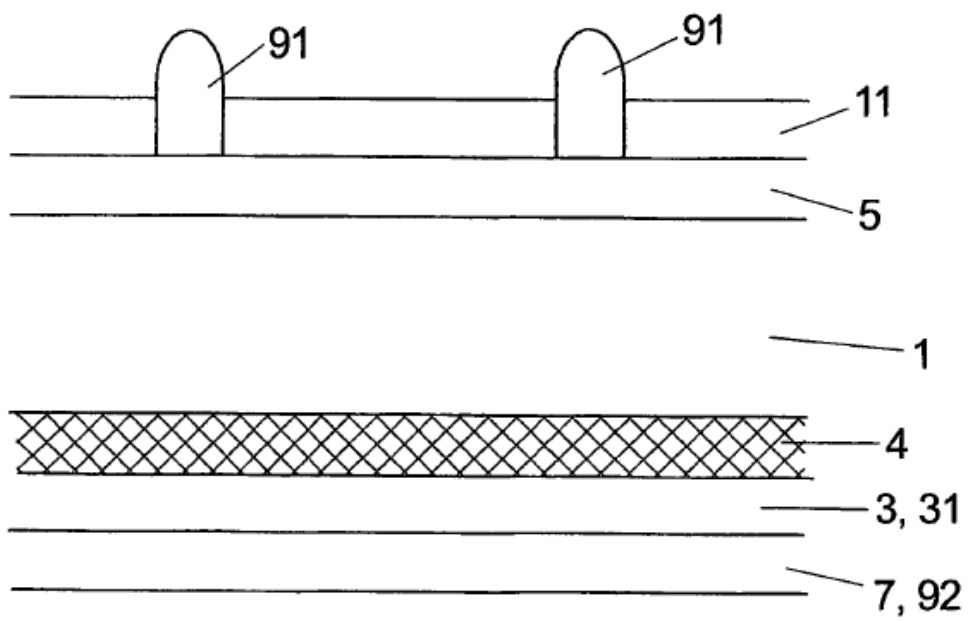


Fig.3

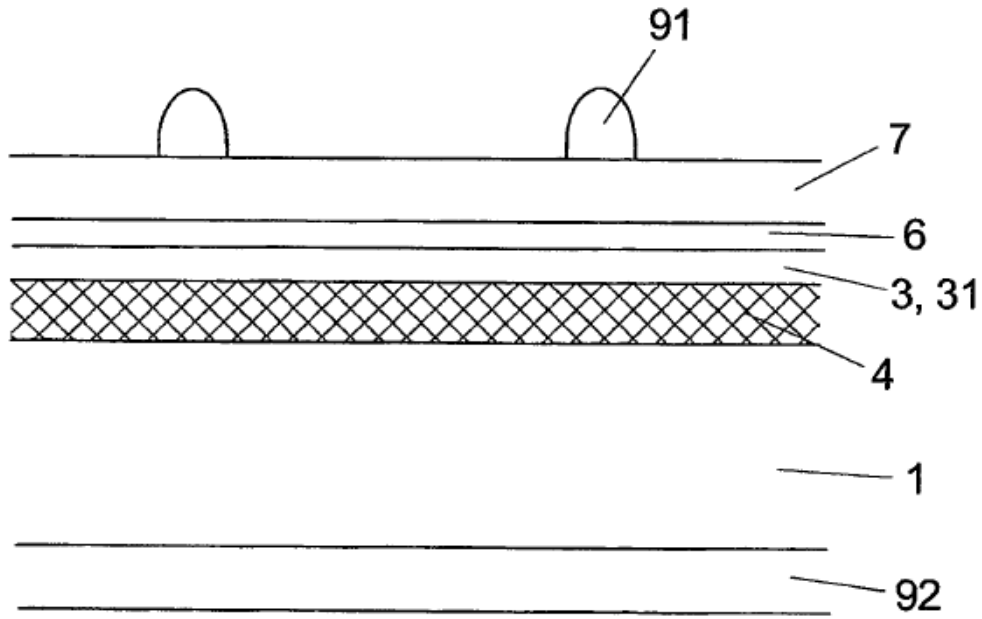


Fig. 4

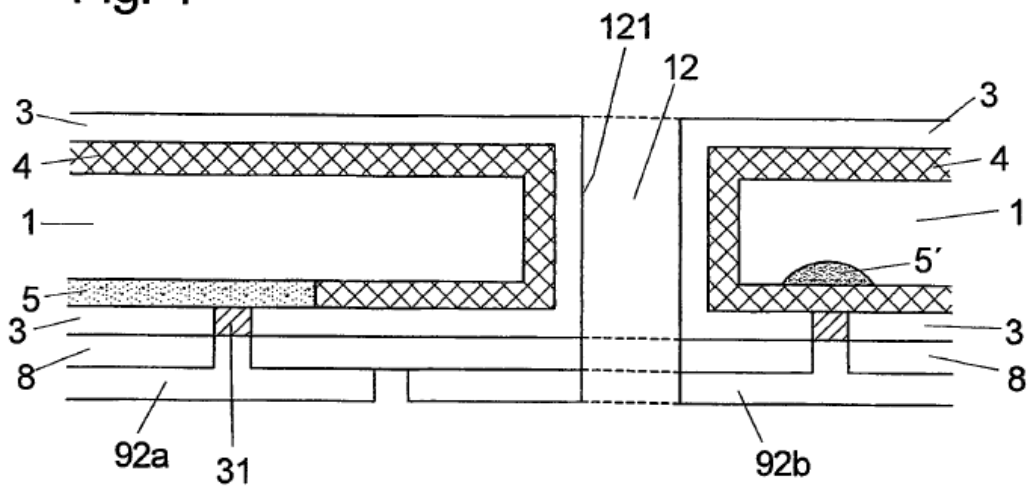


Fig. 5

