

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 948 512**

51 Int. Cl.:

H01L 31/0747 (2012.01)

H01L 31/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **31.07.2020** **PCT/IB2020/057263**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.03.2021** **WO21044232**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.07.2020** **E 20760910 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.03.2023** **EP 3997741**

54 Título: **Estructura de células solares de emisor trasero con heterounión, así como método y dispositivo para producir la misma**

30 Prioridad:

05.09.2019 DE 102019123785

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

13.09.2023

73 Titular/es:

MEYER BURGER (GERMANY) GMBH (100.0%)
An der Baumschule 6-8
09337 Hohenstein-Ernstthal, DE

72 Inventor/es:

ZHAO, JUN y
KÖNIG, MARCEL

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 948 512 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

Estructura de células solares de emisor trasero con heterounión, así como método y dispositivo para producir la misma

La presente invención se refiere a un método para fabricar una estructura de células solares de emisor trasero con heterounión, en donde

- 5
 - se proporciona un sustrato semiconductor cristalino con un dopado de un primer tipo de conductividad para formar un absorbente de la estructura de células solares de emisor trasero;
 - sobre un lado delantero del sustrato semiconductor se produce al menos una capa intrínseca delantera hecha de un material semiconductor amorfo intrínseco;
- 10
 - sobre la al menos una capa intrínseca delantera se produce al menos una capa dopada delantera hecha de un material semiconductor amorfo con un dopado del primer tipo de conductividad, que es mayor que el dopado del sustrato semiconductor;
 - sobre una parte trasera del sustrato semiconductor se produce al menos una capa intrínseca de la parte trasera hecha de un material semiconductor amorfo intrínseco;
- 15
 - para formar un emisor de la estructura de células solares de emisor trasero, sobre la al menos una capa intrínseca trasera se produce al menos una capa dopada trasera hecha de un material semiconductor amorfo con un dopado de un segundo tipo de conductividad, que es opuesto al primer tipo de tipo de conductividad;
 - sobre la al menos una capa dopada delantera se produce al menos una capa conductora delantera transparente, eléctricamente conductora;
- 20
 - sobre la al menos una capa dopada trasera se produce al menos una capa conductora trasera transparente, eléctricamente conductora;
 - sobre la al menos una capa conductora delantera transparente eléctricamente conductora se genera un contacto delantero; y
 - sobre la al menos una capa conductora trasera transparente eléctricamente conductora se genera un contacto trasero.
- 25 La invención se refiere además a una estructura de célula solar de emisor trasero con una heterounión, con
 - un absorbente hecho de un sustrato semiconductor cristalino con un dopado de un primer tipo de conductividad;
 - al menos una capa intrínseca delantera formada sobre un lado delantero del absorbente y hecha de un material semiconductor amorfo intrínseco;
- 30
 - al menos una capa intrínseca trasera formada en el lado trasero del absorbente y hecha de un material semiconductor amorfo intrínseco;
 - al menos una capa dopada delantera formada sobre al menos una capa intrínseca delantera y hecha de un material semiconductor amorfo con un dopado del primer tipo de conductividad que es superior al dopado del absorbente;
- 35
 - un emisor de al menos una capa dopada trasera formada sobre al menos una capa intrínseca del lado trasero y hecho de un material semiconductor amorfo con un dopado de un segundo tipo de conductividad, que es opuesto al primer tipo de conductividad;
 - al menos una capa conductora delantera transparente, eléctricamente conductora, formada sobre al menos una capa dopada delantera;
- 40
 - al menos una capa conductora trasera transparente, eléctricamente conductora, formada sobre al menos una capa dopada trasera;
 - un contacto delantero formado sobre al menos una capa conductora delantera transparente eléctricamente conductora, y
- 45
 - un contacto trasero formado sobre al menos una capa conductora trasera transparente eléctricamente conductora.

Además de ello, la invención se refiere a un dispositivo para la fabricación de una estructura de células solares de emisor trasero con una heterounión, con

- un absorbente hecho de un sustrato semiconductor cristalino con un dopado de un primer tipo de conductividad;
- 5 • al menos una capa intrínseca delantera formada en un lado delantero del absorbente y hecha de un material semiconductor amorfo intrínseco;
- al menos una capa intrínseca trasera formada en el lado trasero del absorbente y hecha de un material semiconductor amorfo intrínseco;
- 10 • al menos una capa dopada delantera formada sobre al menos una capa intrínseca delantera y hecha de un material semiconductor amorfo con un dopado del primer tipo de conductividad que es superior al dopado del absorbente;
- un emisor de al menos una capa dopada trasera formada sobre al menos una capa intrínseca trasera y hecho de un material semiconductor amorfo con un dopado de un segundo tipo de conductividad, que es opuesto al primer tipo de conductividad;
- 15 • al menos una capa conductora delantera transparente, eléctricamente conductora, formada en al menos una capa dopada delantera;
- al menos una capa conductora trasera transparente, eléctricamente conductora, formada en al menos una capa dopada trasera;
- un contacto delantero formado sobre la al menos una capa conductora delantera; y
- 20 • un contacto trasero formado sobre la al menos una capa conductora trasera.

De la publicación EP 2 682 990 A1 se conoce un método para fabricar una célula solar con una heterounión y un emisor delantero. En el método conocido, se deposita primero una pila de capas que consiste en una capa semiconductor intrínseca amorfa en el lado delantero y una capa semiconductor dopada amorfa en el lado delantero sobre un lado delantero de un sustrato semiconductor que tiene un dopado de un primer tipo de conductividad. La

25 capa semiconductor dopada amorfa delantera tiene un dopado de un segundo tipo de conductividad, que es opuesto al primer tipo de conductividad. Después se deposita una pila de capas que consiste en una capa semiconductor intrínseca amorfa en el lado trasero y una capa semiconductor dopada amorfa en el lado trasero sobre el lado trasero del sustrato semiconductor. La capa semiconductor dopada amorfa trasera tiene un dopado del mismo tipo de conductividad que el sustrato semiconductor.

30 A continuación, se deposita una capa eléctricamente conductora transparente en la parte delantera como capa antirreflectante sin estructurar, y luego se aplica una capa trasera eléctricamente conductora en la parte trasera mediante una máscara, de modo que la capa trasera eléctricamente conductora no se deposite sobre la pila de capas que se ha formado en el borde del sustrato y, mediante eso no haga contacto eléctrico con ninguna capa eléctricamente conductora sobre el borde del sustrato. Finalmente, se crean los contactos delantero y trasero.

35 Mediante esta secuencia de aplicación de capas se crea sobre el canto del lado del sustrato una secuencia de capas con dopado alternado, es decir, una secuencia n-p-n⁺, o un p-n-p⁺ con revestimiento antirreflejante en la parte superior de cada uno. En la publicación EP 2 682 990 A1 se indica que debe observarse la secuencia de deposición de capas descrita para conseguir un ventajoso aislamiento de los bordes en la célula solar que se va a configurar. En particular, el apilamiento de capas delanteras que consta de la capa de semiconductor intrínseco amorfo delantera y la capa de semiconductor dopado amorfo delantera se depositará antes que el apilamiento de la capa trasera que consta de la

40 capa de semiconductor intrínseco amorfo trasera y la capa de semiconductor dopado amorfo trasera para reducir el riesgo de que se produzcan resistencias de derivación en los bordes de las células solares.

La publicación JP 2001044461 A propone para evitar derivaciones indeseadas en el borde de la célula solar en una estructura de células solares de emisor delantero que tiene una heterounión, en primer lugar, depositar el apilamiento de capas que consta de una capa semiconductor intrínseca amorfa trasera y una capa semiconductor dopada amorfa trasera solo sobre un área que es más pequeña que el área del sustrato semiconductor, es decir, a una

45 distancia del borde del sustrato. Solo entonces se debe depositar el apilamiento de capas que consta de una capa de semiconductor intrínseco amorfo en el lado delantero y una capa de semiconductor dopado amorfo en el lado delantero sobre el lado delantero del sustrato.

50 Un procedimiento similar también se encuentra descrito en la publicación US 2017/0207351 A1.

En contraste con la técnica citada anteriormente, la presente invención se basa en una estructura de células solares con heterounión con un emisor trasero. En comparación con las células solares de heterounión con un emisor

delantero, estas células solares tienen la ventaja de que los requisitos que deben ponerse para las propiedades optoelectricas de la capa conductora delantera transparente y eléctricamente conductora y el diseño de los contactos del delantero son menos exigentes.

5 En tales células solares con heterounión con emisor trasero, es habitual en la técnica anterior depositar primero la capa semiconductor intrínseca y la capa semiconductor amorfa dopada con el mismo tipo de conductividad que el sustrato semiconductor en el lado delantero del sustrato destinado a la incidencia de la luz, y solo entonces configurar la capa semiconductor intrínseca y la capa semiconductor amorfa dopada distinta que el sustrato semiconductor en la parte trasera del sustrato.

10 Sin embargo, se ha demostrado que con las células solares con heterounión con emisor trasero conocidas, la resistencia de derivación y la corriente inversa pueden asumir valores considerables, como resultado de lo cual la característica de la célula solar se resiente.

Por lo tanto, el objeto de la presente invención es mejorar las propiedades eléctricas de las células solares de células solares con heterounión con emisor trasero.

15 Este objeto se logra, por un lado, mediante un método para producir una estructura de célula solar con emisor trasero con una heterounión, en la que

- se proporciona un sustrato semiconductor cristalino con un dopado de un primer tipo de conductividad para formar un absorbente de la estructura de la célula solar de emisor trasero;
- en un lado delantero del sustrato semiconductor se produce al menos una capa intrínseca delantera hecha de un material semiconductor amorfo intrínseco;
- 20 • sobre la al menos una capa intrínseca delantera se produce al menos una capa dopada delantera hecha de un material semiconductor amorfo con un dopado del primer tipo de conductividad, que es mayor que el dopado del sustrato semiconductor;
- sobre un lado trasero del sustrato semiconductor se produce al menos una capa intrínseca trasera hecha de un material semiconductor amorfo intrínseco;
- 25 • para configurar un emisor de la estructura de células solares de emisor trasero, se produce sobre la al menos una capa intrínseca trasera al menos una capa dopada trasera hecha de un material semiconductor amorfo con un dopado de un segundo tipo de conductividad, que es opuesto al primer tipo de conductividad;
- sobre la al menos una capa dopada delantera se produce al menos una capa conductora delantera transparente, eléctricamente conductora;
- 30 • sobre la al menos una capa dopada trasera se produce al menos una capa conductora trasera transparente, eléctricamente conductora;
- sobre la al menos una capa conductora delantera transparente eléctricamente conductora, se produce un contacto delantero,
- sobre la al menos una capa conductora trasera transparente eléctricamente conductora, se produce un contacto trasero, en el que
- 35

las capas intrínsecas delantera y trasera y las capas dopadas delantera y trasera se producen en el siguiente orden

- producir la al menos una capa intrínseca trasera sobre el lado trasero del sustrato semiconductor;
- luego producir al menos una capa intrínseca delantera sobre el lado delantero del sustrato semiconductor;
- 40 • luego producir la al menos una capa dopada delantera sobre la al menos una capa intrínseca delantera; y
- luego producir al menos una capa dopada trasera sobre la al menos una capa intrínseca trasera.

Sorprendentemente, por el hecho de que en el método según la invención, primero se produce la capa semiconductor amorfa intrínseca en la parte trasera del sustrato, es decir, la capa intrínseca trasera, luego se producen la capa semiconductor amorfa intrínseca y la capa semiconductor amorfa dopada en la parte delantera del sustrato y solo entonces sobre el lado delantero del sustrato la capa de semiconductor amorfa, que está dopada de manera diferente al sustrato semiconductor, es decir, la capa dopada delantera, la resistencia de derivación y la corriente inversa mejoran significativamente en todas las células solares producidas de acuerdo con la invención. Las mediciones termográficas también han demostrado que la corriente de fuga sobre los bordes del sustrato se reduce

considerablemente mediante la secuencia del proceso según la invención. Además, aumenta la calidad de la pasivación de las células solares producidas según la invención, lo que se refleja en una mayor tensión de circuito abierto y un mejor coeficiente de llenado de las células solares de heterounión de emisor trasero. Además, la eficacia de la célula solar aumenta mediante el procedimiento según la invención.

En una variante preferida del método de acuerdo con la invención, se usa un sustrato semiconductor dopado con n como sustrato semiconductor, se usa un material semiconductor amorfo dopado con fósforo para producir la capa dopada delantera y se usa un material semiconductor amorfo dopado con boro para producir la capa dopada trasera. Dado que el boro se difunde más rápido que el fósforo y, por lo tanto, se transporta más rápido que el fósforo en la instalación para la producción de la estructura de la célula solar de emisor trasero con heterounión, la deposición de la capa dopada trasera dopada con boro como la última capa en la deposición de las capas amorfas tiene un efecto particularmente positivo sobre la limpieza de la instalación.

En una realización preferida del método de acuerdo con la invención, la producción de la al menos una capa intrínseca delantera sobre el lado delantero del sustrato semiconductor y producción de la al menos una capa dopada delantera sobre el al menos un lado delantero de la al menos una capa intrínseca delantera se proponen en procesos que tienen lugar directamente uno tras otro en un mismo reactor de deposición de capas. Como resultado, solo se necesita un reactor de deposición de una sola capa para la producción de la capa intrínseca delantera y la capa dopada delantera, lo que en general simplifica el dispositivo para producir la estructura de células solares de emisor trasero con una heterounión y lo hace más rentable.

Además, existe un aislamiento de los bordes especialmente bueno de la estructura de células solares de emisor trasero con heterounión fabricada según la invención si la al menos una capa conductora trasera transparente, eléctricamente conductora, se deposita sobre la al menos una capa de dopado trasera a una distancia del borde lateral del sustrato semiconductor, de modo que una región del borde en el lado trasero no esté recubierta de la capa conductora trasera transparente y eléctricamente conductora y en todos los pasos del proceso para la configuración de la capa conductora trasera transparente y eléctricamente conductora no haya contacto eléctrico entre la capa conductora trasera y eléctricamente conductora y la capa conductora delantera.

El objeto se resuelve además mediante una estructura de células solares de emisor trasero con una heterounión, con

- un absorbente hecho de un sustrato semiconductor cristalino con un dopado de un primer tipo de conductividad;
- al menos una capa intrínseca delantera formada en un lado delantero del absorbente y hecha de un material semiconductor amorfo intrínseco;
- al menos una capa intrínseca del reverso formada en el reverso del absorbente y hecha de un material semiconductor amorfo intrínseco;
- al menos una capa dopada delantera formada sobre la al menos una capa intrínseca delantera y hecha de un material semiconductor amorfo con un dopado del primer tipo de conductividad que es superior al dopado del absorbente;
- un emisor de al menos una capa dopada trasera formada sobre al menos una capa intrínseca trasera y hecho de un material semiconductor amorfo con un dopado de un segundo tipo de conductividad, que es opuesto al primer tipo de conductividad;
- al menos una capa conductora delantera transparente, eléctricamente conductora, formada sobre la al menos una capa dopada delantera;
- al menos una capa conductora trasera transparente, eléctricamente conductora, formada sobre la al menos una capa dopada trasera;
- un contacto del lado delantero formado sobre la al menos una capa conductora delantera transparente eléctricamente conductora, y
- un contacto trasero formado sobre la al menos una capa conductora trasera transparente eléctricamente conductora, en el que

en un borde lateral de la estructura de células solares del emisor trasero con la heterounión sobre una región del borde del sustrato semiconductor hay una secuencia de capas en el siguiente orden desde el interior hacia el exterior:

- la al menos una capa intrínseca trasera,
- sobre la misma la al menos una capa intrínseca delantera,

- sobre la misma la al menos una capa dopada delantera y
- sobre la misma la al menos una capa dopada trasera.

Debido al montaje de capas en el borde lateral, es decir, el área del borde de la estructura de células solares de emisor trasero, hay una mejora significativa en la resistencia de derivación y la corriente inversa de las células solares producidas según la invención en comparación con estructuras de células solares de emisor trasero que tienen un montaje de capas convencional en su borde lateral, en las que, desde dentro hacia afuera, las siguientes capas están presentes en el siguiente orden o se superponen en el siguiente orden:

- la al menos una capa intrínseca delantera,
- sobre la misma la al menos una capa dopada delantera,
- entonces la al menos una capa intrínseca trasera, y
- sobre la misma la al menos una capa dopada trasera.

En una realización preferida de la estructura de células solares de heterounión con emisor trasero según la invención, el sustrato semiconductor es un sustrato semiconductor dopado n, la capa dopada del lado delantero está dopada con fósforo y la capa dopada del lado trasero está dopada con boro.

Una realización ventajosa de la estructura de células solares de emisor trasero con heterounión según la invención está construida de tal manera que la al menos una capa conductora trasera transparente eléctricamente conductora se deposita sobre la al menos una capa dopada trasera a una distancia del borde lateral del sustrato semiconductor, de modo que un área de borde sobre la parte trasera ya no está recubierta con la capa conductora trasera transparente eléctricamente conductora y no haya contacto eléctrico entre la capa conductora trasera transparente eléctricamente conductora y la capa conductora lateral delantera.

El objeto se resuelve además mediante un dispositivo para fabricar una estructura de células solares de emisor trasero con una heterounión, con

- un absorbente hecho de un sustrato semiconductor cristalino con un dopado de un primer tipo de conductividad;
- al menos una capa intrínseca delantera formada en un lado delantero del absorbente y hecha de un material semiconductor amorfo intrínseco;
- al menos una capa intrínseca trasera formada en el lado trasero del absorbente y hecha de un material semiconductor amorfo intrínseco;
- al menos una capa dopada del lado delantero formada sobre la al menos una capa intrínseca delantera y hecha de un material semiconductor amorfo con un dopado del primer tipo de conductividad que es superior al dopado del absorbente;
- un emisor de al menos una capa dopada trasera formada sobre la al menos una capa intrínseca trasera y hecho de un material semiconductor amorfo con un dopado de un segundo tipo de conductividad, que es opuesto al primer tipo de conductividad;
- al menos una capa conductora delantera transparente, eléctricamente conductora, formada sobre la al menos una capa dopada delantera;
- al menos una capa conductora trasera transparente, eléctricamente conductora, formada sobre la al menos una capa dopada trasera;
- un contacto del lado delantero formado sobre la al menos una capa conductora delantera; y
- un contacto trasero formado sobre la al menos una capa conductora trasera, en el que

el dispositivo para producir la al menos una capa intrínseca delantera en el lado delantero del sustrato semiconductor, la al menos una capa intrínseca trasera en el lado trasero del sustrato semiconductor, la al menos una capa dopada delantera sobre la al menos una capa intrínseca delantera y la al menos una capa dopada trasera sobre la al menos una capa intrínseca trasera tiene solo tres líneas de deposición de capas, en el que

- una primera línea de deposición de capas presenta al menos un reactor de deposición de capas para producir la al menos una capa intrínseca trasera en la parte trasera del sustrato semiconductor;

- una segunda línea de deposición de capas presenta al menos un reactor de deposición de capas para producir la al menos una capa intrínseca delantera sobre el lado delantero del sustrato semiconductor y para producir la al menos una capa dopada delantera sobre la al menos una capa delantera intrínseca; y
- una tercera línea de deposición de capas presenta al menos un reactor de deposición de capas para producir la al menos una capa dopada del lado trasero sobre la al menos una capa intrínseca del lado trasero;

y en el que se proporciona al menos un sistema de transporte y volteo del sustrato entre la primera y la segunda línea de depósito de capas así como entre la segunda y la tercera línea de depósito de capas.

En contraste con el estado de la técnica, en el dispositivo de acuerdo con la invención, el sustrato semiconductor primero recorre la línea de deposición de la primera capa con el al menos un reactor de deposición de capas para producir la al menos una capa intrínseca en el lado trasero, luego se voltea y solo entonces se conduce a la línea de deposición de la segunda capa con el reactor de deposición de al menos una capa para producir la al menos una capa intrínseca delantera sobre el lado delantero del sustrato semiconductor y para producir la al menos una capa dopada delantera sobre la al menos una capa intrínseca delantera, luego se vuelve a voltear y solo finalmente se transporta al tren de deposición de la tercera capa con el al menos un reactor de deposición de capas para producir la al menos una capa dopada trasera sobre la al menos una capa intrínseca trasera.

En una configuración preferida del dispositivo según la invención, la primera línea de deposición de capas tiene un reactor de deposición de capa intrínseca trasero para producir la al menos una capa intrínseca en la parte trasera del sustrato semiconductor; la segunda línea de deposición de capas tiene un solo reactor de deposición de capas en el lado delantero para producir la al menos una capa intrínseca delantera en el lado delantero del sustrato semiconductor y la al menos una capa dopada delantera sobre la al menos una capa intrínseca delantera; y la tercera línea de deposición de capas presenta un reactor de deposición de la capa dopada trasera para producir al menos una capa dopada trasera sobre la al menos una capa intrínseca trasera; y el al menos un sistema de transporte y giro del sustrato antes del reactor de deposición de capa delantera se proporciona antes o en la línea de deposición de capas segunda.

Las realizaciones preferidas de la presente invención se explican con más detalle a continuación con referencia a las figuras, en las que

Figuras 1a a 1i:

representan esquemáticamente etapas parciales de una secuencia de proceso de una realización del método de acuerdo con la invención para producir una estructura de células solares de emisor trasero con una heterounión basada en vistas en sección transversal de la secuencia de capas producida en cada caso;

Figura 2

muestra esquemáticamente una pila de capas formada en un borde lateral de un producto intermedio de una estructura de células solares de heterounión de emisor trasero según la invención después de la formación de las capas semiconductoras intrínseca y amorfa;

Figura 3

muestra esquemáticamente un posible montaje básico de una parte de un dispositivo según la invención para la producción de estructuras de células solares de emisor trasero con heterounión; y

Figura 4

muestra esquemáticamente otro posible montaje básico de una parte del dispositivo según la invención para la producción de estructuras de células solares de emisor trasero con heterounión.

Las figuras 1a a 1i muestran de forma esquemática etapas parciales de una secuencia de proceso de una forma de realización del método de acuerdo con la invención para producir una estructura 1 de células solares de emisor trasero con una heterounión, como se muestra esquemáticamente en sección transversal en la fig 1i, mediante las vistas en sección de la secuencia de capas generada respectiva. En este caso, los grosores de capa de las capas mostradas en las figuras individuales no están representados a escala. Aunque tampoco se muestra a escala la relación entre los grosores de las capas respectivas, si una capa se muestra más delgada que otra, también suele ser más delgada en la realidad.

En las figuras el lado representado arriba correspondiente de la estructura de capas respectiva es el lado delantero, el lado que se representa en la parte inferior es la parte trasera de la estructura de capas respectiva. El lado delantero es el lado en el que se prevé que incida la luz en la estructura 1 de células solares de emisor trasero terminada.

La figura 1a muestra esquemáticamente un sustrato semiconductor cristalino 2, en cuyo lado delantero y lado trasero se forman capas de óxido por aire 21, 22. El sustrato semiconductor 2 presenta un dopado de un primer tipo de conductividad. En el ejemplo de realización mostrado, el sustrato semiconductor 2 es un sustrato de silicio dopado n,

pero en otras realizaciones de la invención también puede estar formado por un material semiconductor diferente y/o tener un dopado p. El dopado n es preferiblemente un dopado con fósforo, pero también se puede formar con al menos otro y/o al menos un dopante adicional.

Las capas de óxido por aire 21, 22 son SiO₂ en el ejemplo que se muestra con un espesor entre 0,2 y 3,0 nm.

- 5 Las capas de óxido por aire 21, 22 se forman automáticamente en la atmósfera sobre el sustrato semiconductor 2 previamente limpiado. En la estructura de célula solar 1 de emisor trasero acabada, el sustrato semiconductor 2 forma un absorbente.

10 La fig. 1b muestra el sustrato semiconductor 2 de la fig. 1a de acuerdo con otro paso del procedimiento en el cual el sustrato semiconductor 2 se carga en un dispositivo para la fabricación de estructuras 1 de células solares con emisor trasero con heterounión. Zonas parciales de ejemplos de dichos dispositivos 30, 40 se muestran en las figs. 3 y 4.

Durante la carga, ambos lados del sustrato semiconductor 2 se exponen a la atmósfera a temperaturas típicamente por debajo de 200 °C, de modo que de nuevo se forman capas de óxido por aire 23, 24, es decir, aquí SiO₂ con un espesor de 0,2 a 3,0 nm sobre la parte delantera y trasera del sustrato semiconductor 2 o bien las capas de óxido por aire 21, 22 crecen en el espesor de las capas de óxido por aire 23, 24.

- 15 En otro paso del procedimiento según la invención, representado esquemáticamente en la figura 1c, se deposita al menos una capa 3 intrínseca trasera de al menos un material semiconductor amorfo intrínseco sobre la parte trasera del sustrato semiconductor 2 que tiene las capas de óxido por aire 21, 22, 23, 24. La al menos una capa intrínseca del lado trasero 3 se deposita preferiblemente usando un método PECVD.

20 En el paso mostrado en la figura 1d, en el que la estructura en capas de la figura 1c se transporta al siguiente reactor de deposición de capas y se voltea, se forman nuevamente capas de óxido por aire 25, 26 en la parte delantera y trasera de la estructura en capas de la figura 1c. Las capas de óxido por aire 25, 26 son SiO₂ en el ejemplo que se muestra con un espesor de 0,2 a 3,0 nm. La capa de óxido por aire 25 crece directamente sobre las capas de óxido por aire 21, 23 que ya existen en el lado delantero. La capa de óxido por aire 26 crece sobre la capa intrínseca 3 depositada en el lado trasero.

- 25 Después de la deposición de la capa intrínseca 3 del lado trasero, se depositan sobre el lado delantero del sustrato semiconductor 2 con las capas 21, 23, 25 que se encuentran sobre él, al menos una capa 4 intrínseca delantera hecha de al menos un material semiconductor intrínseco amorfo y al menos una capa 5 dopada delantera hecha de al menos un material semiconductor amorfo con un dopado del primer tipo de conductividad, que es mayor que el dopado del sustrato semiconductor 2 depositado. Esto se puede ver en la figura 1e. Dado que el sustrato semiconductor 2 está dopado n en el ejemplo de realización representado, la capa dopada 5 delantera también está dopada n, preferentemente con fósforo.

30 La capa intrínseca delantera 4 se puede depositar separadamente de la capa 5 dopada delantera en diferentes reactores de deposición de capas. Sin embargo, es especialmente ventajoso si, como es el caso en el ejemplo de realización mostrado, la capa dopada 5 delantera se deposita directamente después de la capa intrínseca delantera 4 en un mismo reactor de deposición de capas sin manipulación intermedia del sustrato. En este caso, se evita la formación de óxido por aire entre la capa 4 intrínseca delantera y la capa 5 dopada delantera.

40 Durante el manejo del sustrato requerido después de esta deposición de capa o estas deposiciones de capa, durante el cual tiene lugar un transporte del sustrato al siguiente reactor de deposición de capas y el sustrato se voltea nuevamente, la estructura de capa que se produce y se muestra esquemáticamente en la figura 1e llega nuevamente a la atmósfera, por lo que de nuevo crecen capas de óxido por aire 27, 28 en ambos lados de la estructura en capas, lo que se muestra en la figura 1f. Las capas de óxido por aire 27, 28 son capas de SiO₂ en el ejemplo de realización con un espesor de capa entre 0,2 y 3,0 nm.

45 Después de una manipulación adicional del sustrato, en la parte trasera de la disposición de capas mostrada en la figura 1f se produce una capa dopada trasera 6 hecha de un material semiconductor amorfo con un dopado de un segundo tipo de conductividad, que es opuesto al primer tipo de conductividad. Esto se muestra en la Figura 1g. En el ejemplo de realización mostrado, la capa dopada 6 trasera es una capa de silicio amorfo dopada p. Específicamente, el dopado p usado en el ejemplo es un dopado con boro, pero puede ser un dopado diferente en otras realizaciones de la invención. La capa dopada trasera 6 forma el emisor de la estructura de célula solar de emisor trasero 1 con heterounión que se va a formar, con el contacto eléctrico previsto sobre el mismo y descrito a continuación.

50 La estructura en capas de la figura 1g se transporta a continuación a por lo menos otro reactor de deposición de capas, exponiéndose de nuevo la estructura en capas a las condiciones atmosféricas durante el transporte. En este caso se forman de nuevo capas finas de óxido por aire 29, 30, de aproximadamente 0,2 a 3,0 nm, en la parte delantera y trasera de la estructura de capas, lo que se puede ver en la figura 1h.

55 Entonces, tal como se muestra esquemáticamente en la figura 1i, en el lado delantero y en el lado trasero de la estructura de capas de la figura 1h se fabrican capas 7, 8 conductoras delantera y trasera transparentes, eléctricamente conductoras. Las capas 7, 8 conductoras delantera y trasera transparentes, eléctricamente

conductoras están hechas preferiblemente de óxido transparente eléctricamente conductor (TCO). En el ejemplo de realización mostrado, las capas 7, 8 conductoras delantera y trasera transparentes, eléctricamente conductoras, son capas de óxido de indio y estaño (capas ITO).

En el ejemplo de realización mostrado, la capa conductora 8 trasera transparente, eléctricamente conductora, se deposita sobre la al menos una capa 6 dopada trasera a una distancia del borde 50 lateral del sustrato 2 semiconductor. La capa dopada trasera 6 se puede depositar, por ejemplo, mediante una máscara. Como resultado, una región de borde 51 en el lado trasero de la estructura de células solares de emisor trasero con heterounión 1 permanece sin recubrir por la capa conductora trasera transparente, eléctricamente conductora 8. Debido a la deposición estructurada, no hay contacto eléctrico entre la capa conductora trasera transparente, eléctricamente conductora 8 y la capa conductora delantera 7, ni siquiera durante la deposición de la capa conductora trasera transparente, eléctricamente conductora 8.

Finalmente, los contactos 9, 10 delantero y trasero se producen en las capas 7, 8 conductoras delantera y trasera transparentes eléctricamente conductoras, respectivamente. En el ejemplo de realización mostrado, los contactos delantero y trasero 9, 10 están fabricados en plata y están previstos en forma de dedos en la parte delantera y trasera de las células solares. Sin embargo, también pueden estar hechos de un material eléctricamente conductor diferente y/o ser aplicados en una forma diferente.

Como puede verse de las realizaciones anteriores, cada vez que se transporta el sustrato, se forman capas de óxido por aire 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, las cuales configuran barreras entre el sustrato semiconductor 2 y las capas intrínsecas 3, 4 depositadas sobre el mismo, entre la capa 4 intrínseca trasera y la capa 6 dopada trasera, así como entre las capas 5, 6 dopadas delantera y trasera y las capas 7, 8 conductoras delantera y trasera respectivamente depositadas sobre ellas. Estas barreras impiden el transporte de portadores de conducción y, por lo tanto, degradan las propiedades de las células solares de la estructura 1 de células solares de emisor trasero con heterounión que se va a formar. Al depositar la capa dopada delantera 5 directamente después de la capa intrínseca delantera 4 en el mismo reactor de deposición de capas, como se describió anteriormente, podría evitarse tal formación de barrera entre la capa intrínseca delantera 4 y la capa dopada delantera 5.

Además, mediante la secuencia de pasos del proceso según la invención, en la que la capa dopada trasera dopada con boro 6 se deposita como la última de las capas semiconductoras amorfas, limita la difusión de boro, el cual tiene un coeficiente de difusión más alto que el fósforo contenido en la capa dopada delantera 5, desde la capa dopada trasera 6 a un mínimo. Esto también tiene un efecto ventajoso sobre las propiedades de las células solares de la estructura de células solares de emisor de trasero con heterounión 1 que se va a configurar.

Como puede verse esquemáticamente en la figura 2, el procedimiento según la invención tiene también otros efectos ventajosos. La figura 2 muestra esquemáticamente un producto intermedio de la estructura 1 de células solares con emisor trasero con heterounión según la invención de la figura 1i. Mientras que en las figuras 1a a 1i se han omitido las secuencias de capas que se forman en el borde de la célula solar en aras de la claridad, esta secuencia de capas tras la deposición de las capas de semiconductor amorfo 3, 4, 5 y 6 y antes de la formación de otras capas 7, 8, 9 y 10 se muestra en la figura 2 particularmente grande.

Partiendo del sustrato semiconductor 2 dopado n en el ejemplo de realización mostrado, resulta una secuencia de capas n-i-n⁺-p en el borde de las células solares. Por el contrario, en la técnica anterior, la secuencia de proceso convencional da como resultado una secuencia de capas n-i-n⁺-i-p. La doble capa intrínseca 3, 4 en el borde o en el canto lateral del sustrato semiconductor 2 parece proteger especialmente la estructura formada de la formación de resistencias de derivación y corrientes de fuga en el borde de las células solares.

Las figuras 3 y 4 muestran de forma esquemática secciones parciales de posibles conceptos de instalaciones o dispositivos 30, 40 para la producción de estructuras de células solares con emisor trasero con una heterounión 1, como se describió anteriormente. El dispositivo 30, que se muestra esquemáticamente por secciones en la figura 3, así como el dispositivo 40, que se muestra por secciones en la figura 4, muestran cada uno respectivamente tres líneas de deposición de capas 31, 32 o 42, 33 para la formación de las capas de semiconductores amorfas 3, 4, 5, 6.

En una primera línea 31 de deposición de capas está previsto al menos un reactor 36 de deposición de capas para producir la al menos una capa 3 intrínseca trasera en el lado trasero del sustrato 2 semiconductor.

En una segunda línea de deposición de capas 32 o 42 está previsto al menos un reactor de deposición de capas 39, 41; 44 para producir la al menos una capa 4 intrínseca delantera en el lado delantero del sustrato semiconductor 2 y para producir la al menos una capa 5 dopada delantera sobre la al menos una capa 4 intrínseca delantera. En el dispositivo 40, la segunda línea de deposición de capas 42 presenta solo un único reactor de deposición de capas delanteras 44 para producir al menos una capa intrínseca delantera 4 sobre el lado delantero del sustrato semiconductor 2 y la al menos una capa intrínseca delantera 5 sobre al menos una capa intrínseca delantera 4.

En una tercera línea de deposición de capas 33 está previsto al menos un reactor 43 de deposición de capas para producir la al menos una capa 6 dopada trasera sobre la al menos una capa 3 intrínseca trasera.

5 Entre la primera línea de deposición de capas 31 y la segunda línea de deposición de capas 32 ó 42 así como entre la segunda línea de deposición de capas 32 ó 42 y la tercera línea 33 de deposición capas hay previsto respectivamente un sistema de transporte y volteo de sustrato 37. En los dispositivos 30, 40 se proporciona un solo sistema de transporte y volteo de sustrato 37, el cual está ubicado frente al (los) reactor (es) de deposición de capas delantero(s) 39, 41 y 44, respectivamente.

Entre y delante de los reactores de deposición de capas individuales está previsto respectivamente un dispositivo de bloqueo 45.

Al comienzo de cada línea de deposición de capas 31, 32 o 42, 33, se proporciona un dispositivo de carga y descarga 35.

10

REIVINDICACIONES

1. Método para producir una estructura de células solares de emisor trasero (1) con una heterounión, en donde

- para formar un absorbente de la estructura de células solares de emisor trasero (1), se proporciona un sustrato semiconductor cristalino (2) que tiene un dopado de un primer tipo de conductividad;

5 - sobre un lado delantero del sustrato semiconductor (2) se produce al menos una capa intrínseca delantera (4) a partir de un material semiconductor amorfo intrínseco;

- sobre la al menos una capa intrínseca delantera (4) se produce al menos una capa dopada delantera (5) a partir de un material semiconductor amorfo que tiene un dopado del primer tipo de conductividad, que es superior al dopado del sustrato semiconductor (2);

10 - sobre un lado trasero del sustrato semiconductor (2) se produce al menos una capa intrínseca trasera (3) a partir de un material semiconductor amorfo intrínseco;

15 - para formar un emisor de la estructura de células solares de emisor trasero (1) con heterounión, sobre la al menos una capa intrínseca trasera (3), se produce al menos una capa dopada trasera (6) a partir de un material semiconductor amorfo que tiene un dopado de un segundo tipo de conductividad, que es opuesto al primer tipo de conductividad;

- sobre la al menos una capa dopada delantera (5) se produce al menos una capa conductora delantera transparente, eléctricamente conductora (7);

- sobre la al menos una capa dopada trasera (6) se produce al menos una capa conductora trasera transparente, eléctricamente conductora (8);

20 - se produce un contacto delantero (9) sobre la al menos una capa conductora delantera transparente, eléctricamente conductora (7); y

- se produce un contacto trasero (10) sobre la al menos una capa conductora trasera transparente, eléctricamente conductora (8),

caracterizado por que

25 las capas intrínsecas delantera y trasera (3, 4) y las capas dopadas delantera y trasera (5, 6) se producen en el siguiente secuencia:

- producción de la al menos una capa intrínseca trasera (3) sobre el lado trasero del sustrato semiconductor (2);

30 - luego producción de la al menos una capa intrínseca delantera (4) en el lado delantero del sustrato semiconductor (2);

- luego producción de la al menos una capa dopada delantera (5) sobre la al menos una capa intrínseca delantera (4); y

- luego producción de la al menos una capa dopada trasera (6) sobre la al menos una capa intrínseca trasera (3).

35 2. Método según la reivindicación 1, caracterizado por que un sustrato semiconductor dopado n se usa como sustrato semiconductor (2), un material semiconductor amorfo dopado con fósforo se usa para producir la capa dopada delantera (5), y un material semiconductor amorfo dopado con boro se usa para producir la capa dopada trasera (6).

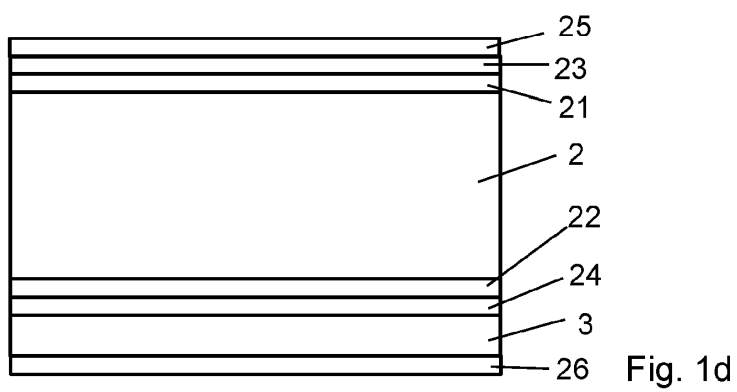
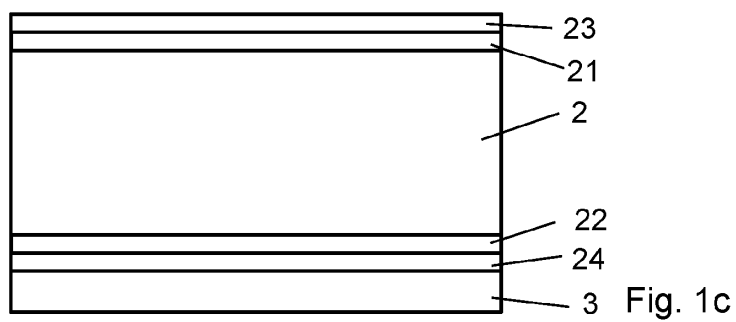
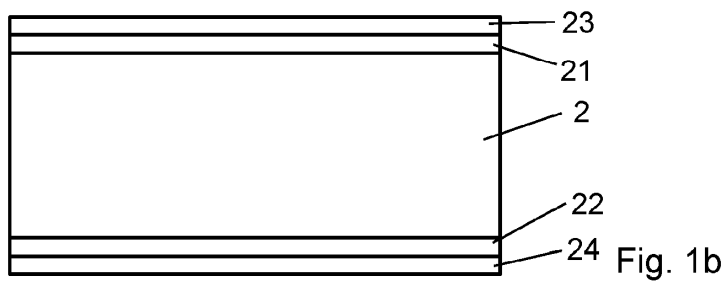
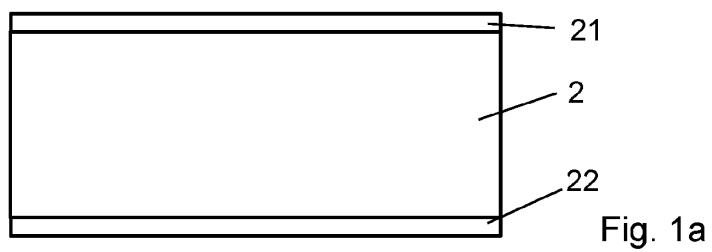
40 3. Método según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, caracterizado por que la al menos una capa intrínseca delantera (4) se produce sobre el lado delantero del sustrato semiconductor (2) y la al menos una capa dopada delantera (5) se produce sobre la al menos una capa intrínseca delantera (4) en procesos que tienen lugar uno directamente tras otro en el mismo reactor de deposición de capas (44).

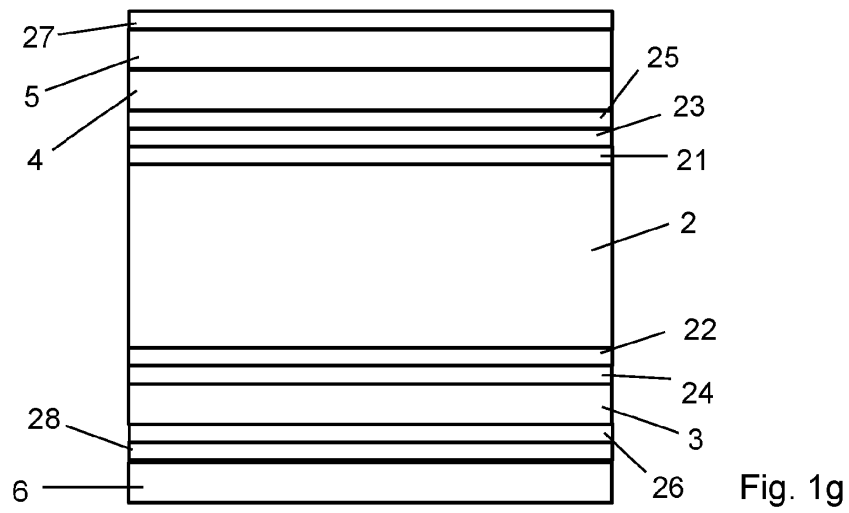
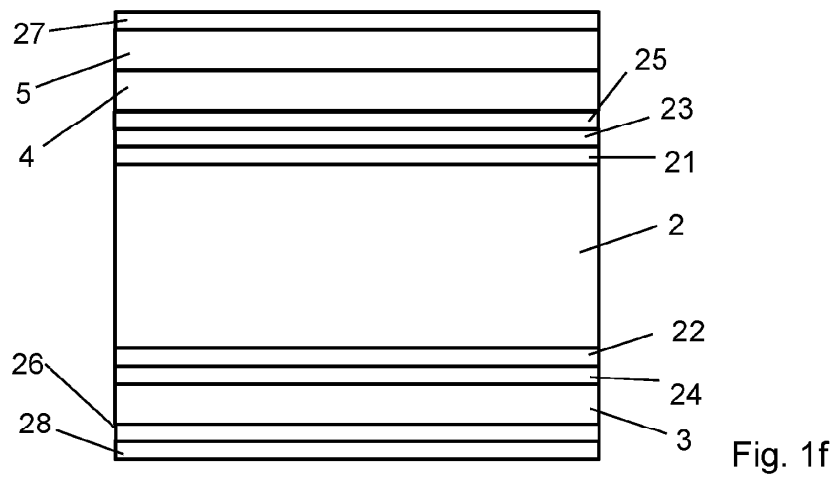
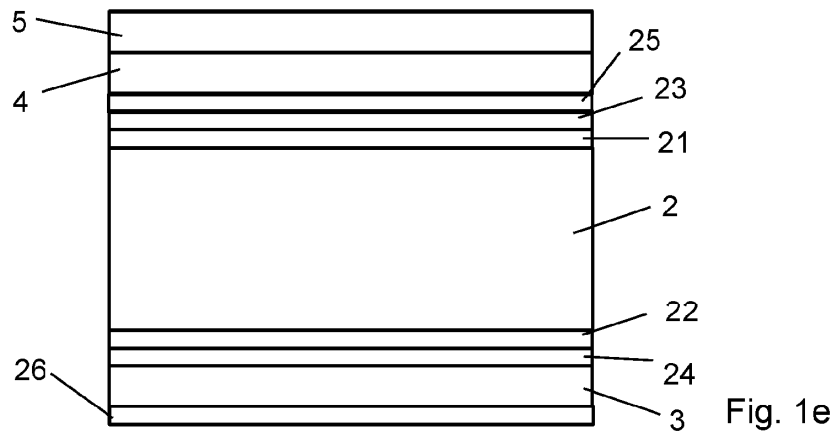
45 4. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la al menos una capa conductora trasera transparente, eléctricamente conductora (8) se deposita sobre la al menos una capa dopada trasera (6) a una distancia del borde lateral (50) del sustrato semiconductor (2), de modo que una región del borde (51) en el lado trasero de la estructura de la células solares de emisor trasero (1) con heterounión no está recubierta con la capa de conducción trasera transparente, eléctricamente conductora (8) y, en todos los pasos del método para formar la capa conductora trasera transparente, eléctricamente conductora (8), no hay contacto eléctrico entre la capa de conducción trasera transparente, eléctricamente conductora (8) y la capa de conductora delantera (7).

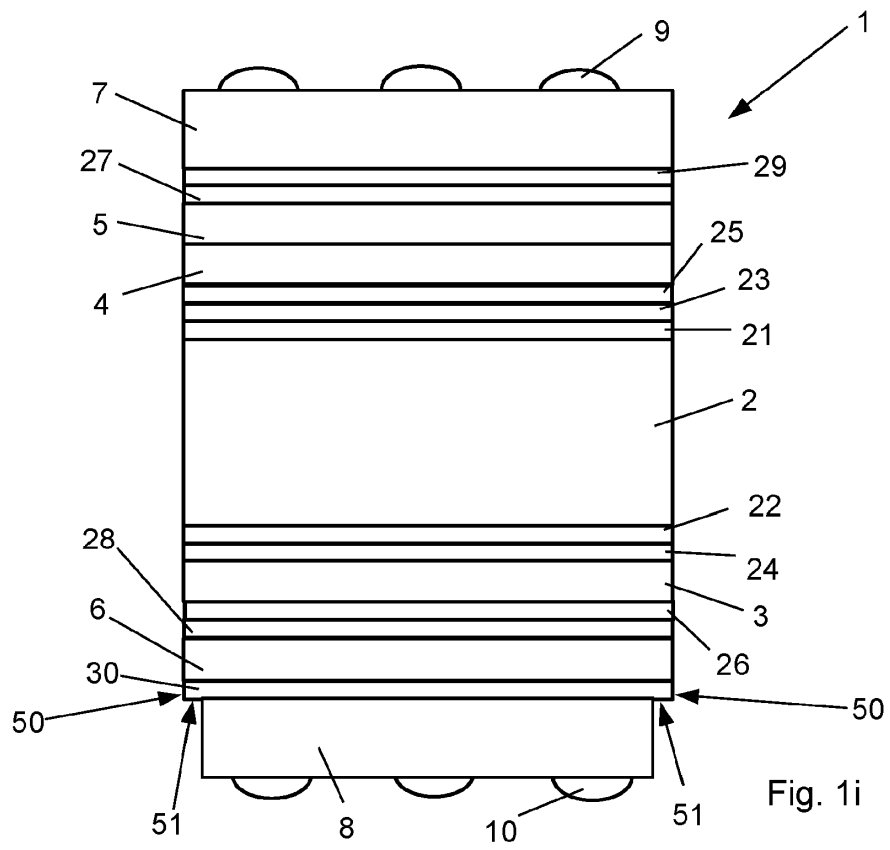
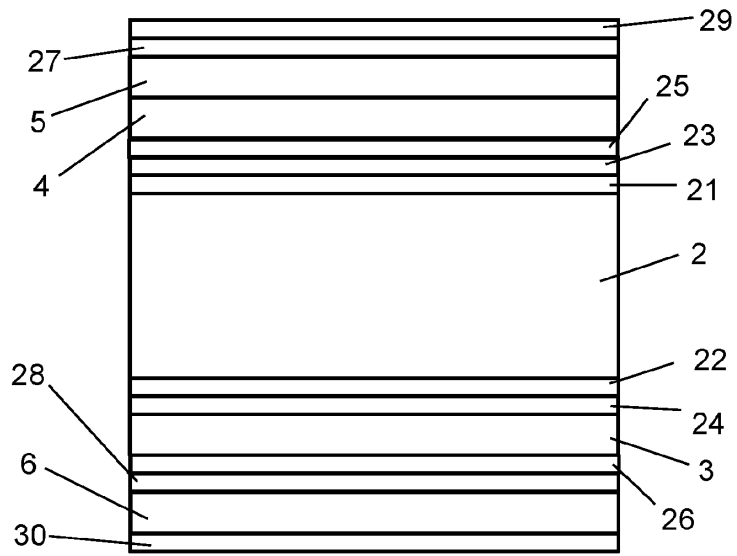
5. Estructura de células solares de emisor trasero (1) con una heterounión, que tiene

- un absorbente hecho de un sustrato semiconductor cristalino (2) que tiene un dopado de un primer tipo de conductividad;
 - al menos una capa intrínseca delantera (4) formada en un lado delantero del absorbente y hecha de un material semiconductor amorfo intrínseco;
 - 5 - al menos una capa intrínseca trasera (3) formada en un lado trasero del absorbente y hecha de un material semiconductor amorfo intrínseco;
 - al menos una capa dopada delantera (5) formada sobre la al menos una capa intrínseca delantera (4) y hecha de un material semiconductor amorfo que tiene un dopado del primer tipo de conductividad, que es superior al dopado del absorbente;
 - 10 - un emisor de al menos una capa trasera dopada (6) formada sobre la al menos una capa trasera intrínseca (3) y hecha de un material semiconductor amorfo que tiene un dopado de un segundo tipo de conductividad, que es opuesto al primer tipo de conductividad;
 - al menos una capa conductora delantera transparente, eléctricamente conductora (7) formada sobre la al menos una capa dopada delantera (5);
 - 15 - al menos una capa conductora trasera transparente, eléctricamente conductora (8) formada sobre la al menos una capa dopada trasera (6);
 - un contacto delantero (9) formado sobre la al menos una capa conductora delantera transparente, eléctricamente conductora (7), y
 - 20 - un contacto trasero (10) formado sobre la al menos una capa conductora trasera transparente eléctricamente conductora (8);
- caracterizado por que
- en un borde lateral (50) de la estructura de células solares de emisor trasero (1) con heterounión, en una región de borde del sustrato semiconductor (2), hay una secuencia de capas en el siguiente orden desde el interior hacia el exterior:
- 25 - la al menos una capa intrínseca trasera (3),
 - sobre ella la al menos una capa intrínseca delantera (4),
 - sobre ella la al menos una capa dopada delantera (5) y
 - sobre ella la al menos una capa dopada trasera (6).
6. Estructura de células solares de emisor trasero con heterounión según la reivindicación 5, caracterizada por que el sustrato semiconductor (2) es un sustrato semiconductor dopado n, la capa dopada delantera (5) está dopada con fósforo y la capa dopada trasera (6) está dopada con boro.
7. Estructura de células solares de emisor trasero (1) con heterounión de acuerdo con la reivindicación 5 o la reivindicación 6, caracterizado por que la al menos una capa conductora trasera transparente, eléctricamente conductora (8) se deposita sobre la al menos una capa dopada trasera (6) a una distancia del borde lateral (50) del sustrato semiconductor (2), de modo que una región del borde (51) en el lado trasero de la estructura de células solares de emisor trasero (1) con heterounión no está recubierta con la capa conductora trasera transparente, eléctricamente conductora (8) y no hay contacto eléctrico entre la capa conductora trasera transparente eléctricamente conductora (8) y la capa de conductora delantera (7).
8. Dispositivo (30, 40) para producir una estructura de células solares de emisor trasero (1) con heterounión, que tiene
- 40 - un absorbente hecho de un sustrato semiconductor cristalino (2) que tiene un dopado de un primer tipo de conductividad;
 - al menos una capa intrínseca delantera (4) formada sobre un lado delantero del absorbente y hecha de un material semiconductor amorfo intrínseco;
 - 45 - al menos una capa intrínseca trasera (3) formada en un lado trasero del absorbente y hecha de un material semiconductor amorfo intrínseco;
 - al menos una capa dopada delantera (5) formada sobre la al menos una capa intrínseca delantera (4) y hecha de un material semiconductor amorfo que tiene un dopado del primer tipo de conductividad, que es superior al dopado del absorbente;

- un emisor de al menos una capa trasera dopada (6) formada sobre la al menos una capa trasera intrínseca (3) y hecha de un material semiconductor amorfo que tiene un dopado de un segundo tipo de conductividad, que es opuesto al primer tipo de conductividad;
- 5 - al menos una capa de conducción delantera transparente, eléctricamente conductora (7) formada sobre la al menos una capa dopada delantera (5);
- al menos una capa conductora trasera transparente, eléctricamente conductora (8) formada sobre la al menos una capa dopada trasera (6);
- un contacto delantero (9) formado sobre la al menos una capa conductora delantera (7); y
- un contacto trasero (10) formado sobre al menos una capa conductora trasera (8);
- 10 caracterizado por que
- el dispositivo (30, 40) para producir la al menos una capa intrínseca delantera (4) sobre el lado delantero del sustrato semiconductor (2), la al menos una capa intrínseca trasera (3) sobre el lado trasero del sustrato semiconductor (2), la al menos una capa dopada delantera (5) sobre la al menos una capa intrínseca delantera (4) y la al menos una capa dopada trasera (6) sobre la al menos una capa intrínseca trasera (3) presenta solo tres líneas de deposición (31; 32 o 42; 33), en las que
- 15 - una primera línea de deposición de capas (31) presenta al menos un reactor de deposición de capas (36) para producir al menos una capa intrínseca trasera (3) en el lado trasero del sustrato semiconductor (2);
- una segunda línea de deposición de capas (32 o 42) presenta al menos un reactor de deposición de capas (39, 41 o 44) para producir al menos una capa intrínseca delantera (4) en el lado delantero del sustrato semiconductor (2) y para producir la al menos una capa dopada delantera (5) sobre la al menos una capa intrínseca delantera (4); y
- 20 - una tercera línea de deposición de capas (33) presenta al menos un reactor de deposición de capas (43) para producir la al menos una capa trasera dopada (6) sobre la al menos una capa intrínseca trasera (3);
- y en el que se proporciona al menos un sistema de transporte y volteo de sustrato (37) entre la primera y la segunda línea de deposición de capas (31, 32 o 42) y entre la segunda y la tercera línea de deposición de capas (32 o 42, 33).
- 25 9. Dispositivo según la reivindicación 8, caracterizado por que la primera línea de deposición de capas (31) presenta un reactor de deposición de capa intrínseca trasera (36) para producir la al menos una capa intrínseca trasera (3) sobre el lado trasero del sustrato semiconductor (2); la línea de deposición de segunda capa (42) presenta un reactor de deposición de capa delantera único (44) para producir la al menos una capa intrínseca delantera (4) sobre el lado delantero del sustrato semiconductor (2) y la al menos una capa dopada delantera (5) sobre la al menos una capa intrínseca delantera (4); y la tercera línea de deposición de capas (33) presenta un reactor de deposición de la capa dopada trasera (43) para producir la al menos una capa dopada trasera (6) sobre la al menos una capa intrínseca trasera (3); y el al menos un sistema de transporte y volteo de sustrato (37) está previsto antes del reactor de deposición de capa delantera (44) o en la segunda línea de deposición de capas (42).
- 30
- 35







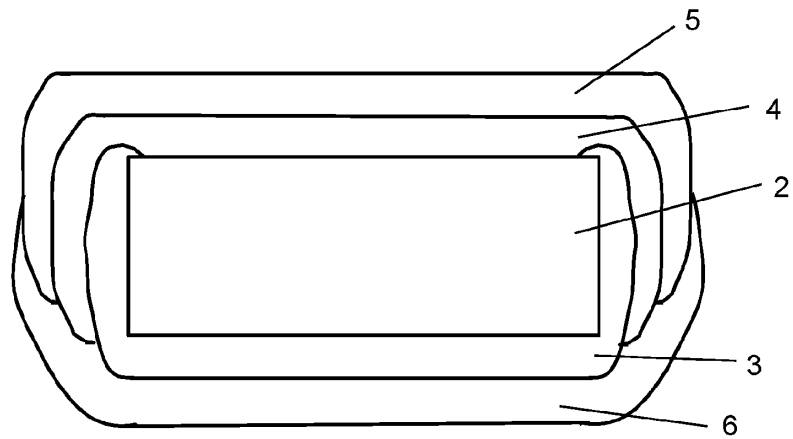


Fig. 2

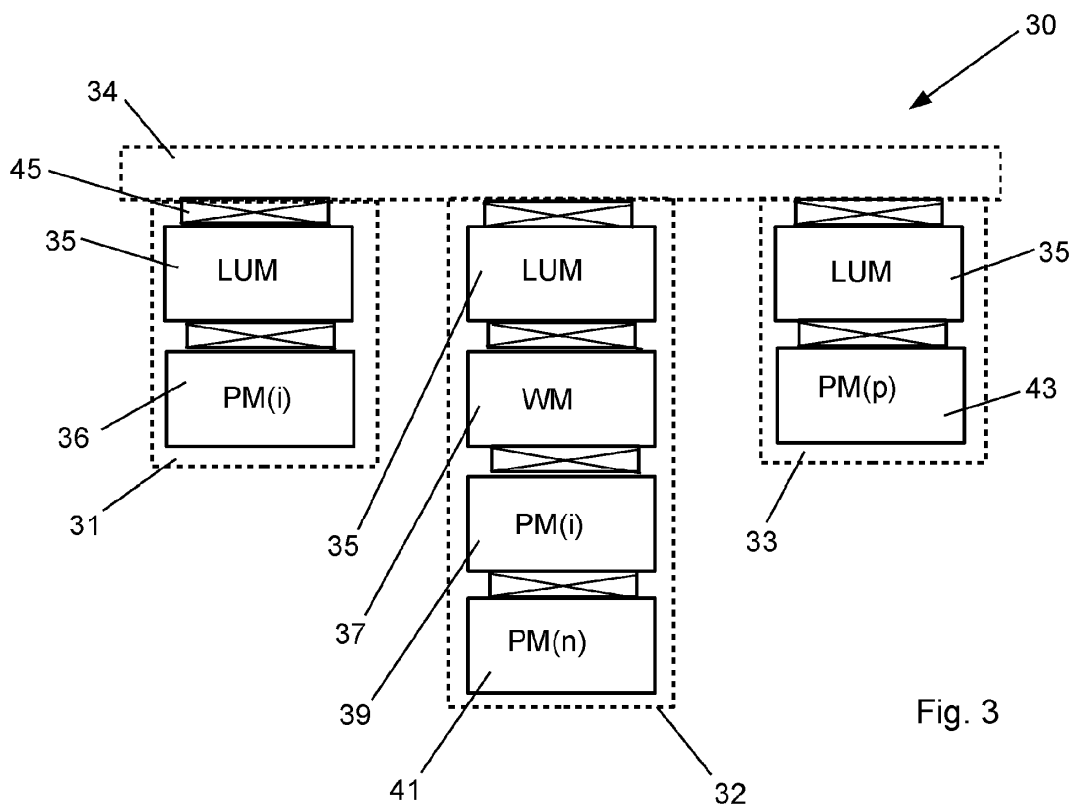


Fig. 3

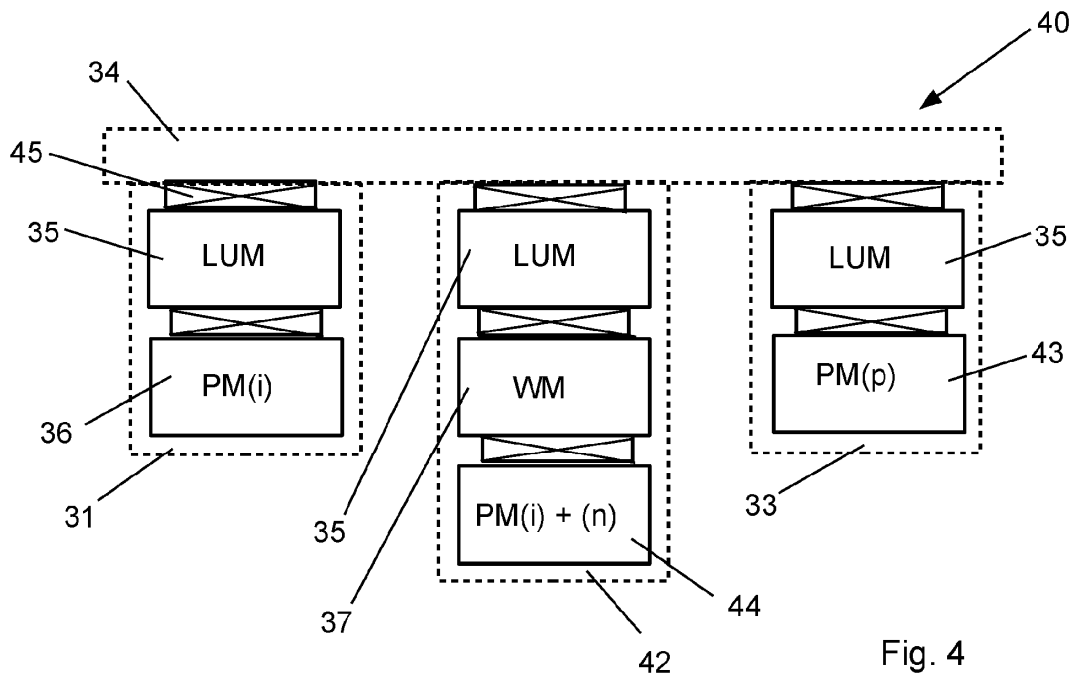


Fig. 4