

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 732 098**

51 Int. Cl.:

**H01L 31/0392** (2006.01)

**H01L 31/0465** (2014.01)

**H01L 31/18** (2006.01)

**H01L 27/142** (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.06.2012 PCT/EP2012/060513**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.12.2012 WO12168191**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.06.2012 E 12731322 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.03.2019 EP 2718979**

54 Título: **Módulo solar de capas delgadas con interconexión integrada así como procedimiento para su fabricación**

30 Prioridad:

**07.06.2011 DE 102011103539**

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

**20.11.2019**

73 Titular/es:

**FRAUNHOFER GESELLSCHAFT ZUR  
FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN  
FORSCHUNG E.V. (50.0%)  
Hansastraße 27C  
80686 München, DE y  
ALBERT-LUDWIGS-UNIVERSITÄT FREIBURG  
(50.0%)**

72 Inventor/es:

**JANZ, STEFAN;  
LINDEKUGEL, STEFAN;  
REBER, STEFAN;  
JAUS, JOACHIM;  
SCHILLINGER, KAI;  
RACHOW, THOMAS y  
BARTSCH, JONAS**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 732 098 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**

Módulo solar de capas delgadas con interconexión integrada así como procedimiento para su fabricación

La invención se refiere a un módulo solar a base de capas delgadas con la interconexión integrada de al menos dos células solares, que contiene un sustrato no eléctricamente conductor o un sustrato eléctricamente conductor con una capa de barrera no eléctricamente conductora sobre la que está depositada una estructura de capas que contiene al menos una capa semiconductor cristalina con una primera dotación así como al menos una capa semiconductor cristalina con una segunda dotación contraria a la primera dotación. La estructura de capas presenta fosas de separación en las que están depositados los contactos emisores y los contactos base. Asimismo, la invención se refiere a un procedimiento para fabricación de este tipo de módulos solares.

5 En la actualidad, el mercado de fotovoltaica mundial está dominado por módulos de células solares de obleas de silicio cristalino. Dado que el desarrollo tecnológico del concepto de célula correspondiente está ya muy avanzado, en células solares de investigación, el grado de eficacia máximo teóricamente posible se ha alcanzado ya a aprox. 90%. En las células solares de obleas de Si fabricadas industrialmente en serie, mediante el escalado y la adaptación de las tecnologías usadas para ello se aspira a una aproximación a este grado de eficacia máximo. Para hacer posible otro salto de reducción de costes se requiere un cambio básico del concepto de módulos. Una posibilidad prometedora para ello es el concepto del módulo de capas delgadas de silicio cristalino interconectado de forma integrada.

Un concepto de este tipo se conoce ya por ejemplo por el documento WO2008/107205 en el que se describen módulos solares interconectados en serie frontalmente.

20 Este concepto se basa en los conceptos de capas delgadas existentes que realizan la interconexión integrada de células solares en forma de franjas sobre un sustrato de vidrio. La transferencia de estos conceptos usuales por ejemplo a células solares de capas delgadas de Si cristalino, cuya capa semiconductor se fabricó según el procedimiento de la fusión por zonas (RexWE: equivalente de oblea recristalizada). Este consiste en encapsular una placa no eléctricamente conductora, por ejemplo mediante deposición en fase gaseosa a presión atmosférica (APCVD), y recubrirla por ejemplo unilateralmente con Si cristalino (igualmente APCVD). Después, esta capa de Si finamente cristalino se recristaliza mediante fusión por zonas (ZMR). Sobre esta base cristalina a su vez se deposita ahora de forma epitáctica (con APCVD) silicio con otra dotación. Durante ello, sin embargo, surgen los siguientes problemas:

- 30 - el procedimiento RexWE es un concepto de sustrato, no de superestrato. Por lo tanto, la interconexión debe realizarse desde el lado delantero, no desde el lado trasero;
- la calidad electrónica del semiconductor "Si cristalino" es un múltiplo superior a la de las células solares de capas delgadas clásicas (Si amorfo, telururo de cadmio, seleniuro de cobre e indio). Por esta razón, en el proceso de estructuración no debe incorporarse ningún daño, lo que sin embargo puede ser el caso en los procedimientos clásicos;
- 35 - Para obtener grados de eficacia máximos, en el concepto de interconexión deben integrarse técnicas de texturización, de pasivación y de contactación local. Esto tampoco puede realizarse completamente en las primeras propuestas para la interconexión de sistemas de capas de c-Si.

40 El documento US5,639,314A se refiere a un dispositivo fotovoltaico con varias células fotoeléctricas conectadas entre sí así como a un procedimiento para su fabricación. El procedimiento para la fabricación del dispositivo fotovoltaico conformado de manera tridimensional comprende en primer lugar la formación de un elemento fotovoltaico sobre un sustrato flexible, preferentemente mientras sea plano, y después, la deformación del sustrato para conseguir la forma tridimensional. Preferentemente, en primer lugar, se forma una capa de transformación fotovoltaica cristalina sobre el sustrato plano, después, la capa se corta o se divide, mientras que el sustrato no se corta, para formar sobre el sustrato una multiplicidad de elementos fotovoltaicos contiguos separados, y finalmente, 45 el sustrato se deforma dándole la forma tridimensional.

El corte puede realizarse mediante irradiación de láser. La deformación puede realizarse de tal forma que un elemento con memoria de forma se pone a disposición como sustrato o un elemento con memoria de forma se aplica por unión metálica sobre el sustrato y, después, el elemento con memoria de forma se hace volver a su forma tridimensional memorizada previamente. Los elementos fotovoltaicos contiguos pueden interconectarse eléctricamente en serie, de tal forma que alambres de unión metálica o una película aislante y después una película conductora se aplican en las zonas cortadas entre elementos fotovoltaicos contiguos.

50 Partiendo de ello, la presente invención tenía el objetivo de fabricar módulos solares con interconexión integrada y al mismo tiempo con la menor remoción de material posible, debiendo ser la fabricación fácil de manejar y rápida de realizar.

55 Este objetivo se consigue mediante el módulo solar con las características de la reivindicación 1 así como mediante el procedimiento para la fabricación de módulos solares con las características de la reivindicación 5. Las demás

reivindicaciones dependientes presentan variantes ventajosas.

Según la invención, se pone a disposición un módulo solar a base de capas delgadas con interconexión integrada de al menos dos células solares que contiene

a) un sustrato no eléctricamente conductor; o

5 b) un sustrato eléctricamente conductor;

con una capa de barrera no eléctricamente conductora, sobre la que está depositada una estructura de capas que contiene al menos una capa semiconductor cristalina con una primera dotación así como al menos una capa semiconductor cristalina con una segunda dotación contraria a la primera dotación. El módulo solar presenta fosas de separación aislantes entre las distintas células solares. En las fosas de separación se ha eliminado la estructura de capas. Al menos en una parte de las fosas de separación y al menos en zonas de la estructura de capas están depositados al menos un contacto emisor y al menos un contacto de base por medio de deposición en fase gaseosa, pulverización, bombardeo iónico, impresión o procedimiento de aplicación por vaporización.

10

Según la invención, las fosas de separación presentan un aislamiento de flanco en forma de una capa de nitruro o carburo impresa, aplicada por vaporización, depositada o crecida.

15 Según la invención, el sustrato en su totalidad está encapsulado completamente con la capa de barrera, en donde la capa de barrera está compuesta por una capa de nitruro o una capa de carburo o combinaciones de estas o las contiene sustancialmente, presentando la capa de barrera un grosor de 100 nm a 100  $\mu\text{m}$ .

Según la invención, la estructura de capas presenta una capa aislante frontal que constituye una capa de pasivación.

20 Por deposición en el sentido de la presente invención se entienden además de una deposición en fase gaseosa igualmente una aplicación pulverizada, procedimientos de impresión así como procedimientos de aplicación por vaporización.

La presente invención está basada por tanto en una arquitectura novedosa de células solares de una interconexión integrada de la pila de capas de silicio, que mide pocos  $\mu\text{m}$ , sobre el sustrato. Se usan técnicas para la ablación y la separación de la pila de capas así como para su texturización, pasivación, aislamiento e interconexión. En la presente invención cabe destacar por tanto los siguientes aspectos:

25

- lado delantero de célula solar, texturizado de forma efectiva, con una reducida remoción de material
- pasivación muy eficiente del lado frontal de la célula solar así como de los flancos abiertos de la capa mediante una capa de pasivación y antireflectante
- fabricación con daños reducidos de una fosa de separación aislante
- descubrimiento con daños reducidos del material de base
- contactos metálicos de reducido ensombrecimiento para la interconexión en serie de franjas individuales
- contactos metálicos de recombinación reducida mediante contactos metálicos locales, puntuales o en forma de franjas, debajo de los que está altamente dotada la capa de Si para la reducción adicional de la recombinación

30

35 - posibilidad de realizar en cada célula individual diodos de derivación integrados que protegen el módulo contra la destrucción y optimizan el rendimiento de corriente.

Otra ventaja esencial del concepto según la invención radica en la interconexión integrada de las células solares de superficie totalmente variable, ya que se parte de una superficie de sustrato continua y esta se divide de manera totalmente libre en campos de célula solar. Por la arquitectura especial de las células solares y de la interconexión, para silicio cristalino se puede conseguir unos grados de eficacia muy altos que además pueden realizarse de forma económica, porque se puede procesar ya la superficie total del módulo.

40

La presente ventaja presenta frente a la tecnología de oblea de silicio conocida por el estado de la técnica las siguientes ventajas:

- uso de cantidades muy pequeñas de Si cristalino de alta pureza (sólo pocos  $\mu\text{m}$ ), pese a una estabilidad mecánica muy alta por el sustrato,
- fácil variación de las superficie de célula para la relación corriente / tensión óptima en el módulo,
- gran potencial de reducción de costes por un caudal y rendimiento más altos con la interconexión de módulos así como ahorros de materiales secundarios como por ejemplo vidrio, hoja negra o materiales de marco,

45

- mayor aceptación por el cliente por una apariencia más homogénea.

Preferentemente, el sustrato se compone de un material seleccionado de entre el grupo de los silicatos de circonio, grafitos, cerámicas de vidrio, cerámicas de silicato, cerámicas de óxido, especialmente óxido de aluminio, óxido de titanio u óxido de silicio, cerámicas de nitruro, especialmente nitruro de silicio o nitruro de titanio, mullitas, porcelana, silicio sinterizado, metales sinterizados así como sus compuestos, o los contiene sustancialmente.

5

En las zonas de las fosas de separación aislantes del módulo solar, la estructura de capas preferentemente se ha eliminado por ablación, de forma especialmente preferible por medio de láser guiado por chorro de líquido (LCP) o láser seco.

10

Otra variante preferible prevé que al menos una fosa de separación define un diodo de derivación. Este permite en caso de un defecto de una célula solar que se pueda puentear la célula solar, de manera que no queda limitado el funcionamiento del módulo solar en su conjunto. El diodo de derivación preferentemente está unido a través de contactos eléctricos al contacto emisor y al contacto base.

Según la invención, el módulo solar presenta en la zona de las fosas de separación uno o varios aislamientos de flanco, preferentemente para evitar cortocircuitos.

15

Según la invención, también está previsto que la estructura de capas presenta adicionalmente una capa aislante frontal. Según la invención, la capa aislante frontal tiene también la función de una capa de pasivación.

La capa de barrera se compone según la invención de una capa de nitruro, especialmente nitruro de boro o nitruro de silicio, o de una capa de carburo, especialmente carburo de silicio o carburo de titanio, o combinaciones de estas, o las contiene sustancialmente.

20

Según la invención, el sustrato en su totalidad está encapsulado completamente con la capa de barrera.

Según la invención, asimismo se proporciona un procedimiento para la fabricación de un módulo solar a base de capas delgadas con la interconexión integrada de al menos dos células solares, que presenta los siguientes pasos de procedimiento:

a) la puesta a disposición

25

i) de un sustrato no eléctricamente conductor o

ii) de un sustrato eléctricamente conductor (preferentemente con un grosor de 100 a 5000  $\mu\text{m}$ ) con una capa de barrera no eléctricamente conductora (grosor de 100 nm a 100  $\mu\text{m}$ ), con una estructura de capas depositada sobre este preferentemente por medio de CVD a presión atmosférica y recristalizada preferentemente al menos en parte mediante un procedimiento de fusión por zonas (ZMR), que contiene al menos una capa semiconductor cristalina (preferentemente con un grosor de 0,1 a 50  $\mu\text{m}$ ) con una primera dotación de por ejemplo  $1 \times 10^{16}$ - $5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  de boro así como al menos una capa semiconductor semicristalina con una segunda dotación, contraria a la primera dotación, de por ejemplo  $1 \times 10^{18}$ - $2 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$  de fósforo,

30

b) la eliminación por zonas de la estructura de capas del sustrato para la generación de fosas de separación aislantes, preferentemente con un ancho de 10 a 1000  $\mu\text{m}$ , y

35

c) la deposición del contacto emisor, preferentemente de plata, y del contacto base, preferentemente de aluminio, y preferentemente con un grosor de 1 a 10  $\mu\text{m}$  en al menos una parte de las fosas de separación y al menos en zonas de la estructura de capas.

Según la invención, antes del paso c) se realiza un aislamiento de flanco por medio de una capa de nitruro o de carburo impresa, aplicada por vaporización, depositada o crecida.

40

Según la invención, el sustrato en su totalidad se encapsula totalmente con la capa de barrera, en donde la capa de barrera está compuesta por una capa de nitruro o una capa de carburo o combinaciones de estas o las contiene sustancialmente, presentando la capa de barrera un grosor de 100 nm a 100  $\mu\text{m}$ .

Según la invención entre los pasos b) y c) se deposita una capa aislante frontal sobre la capa semiconductor, que constituye una capa de pasivación.

45

Preferentemente, después del paso a) se realiza una texturización del sustrato con la estructura de capas depositada sobre este. Esto se realiza preferentemente mediante texturización por plasma, texturización en fase gaseosa o texturización química en mojado.

50

Otra forma de realización preferible prevé que la eliminación de la estructura de capas en el paso b) se realiza mediante ablación. Para ello, resultan preferibles especialmente procedimientos de láser guiado por chorro de líquido (LCP) o procedimientos de láser en seco.

Los contactos emisores y los contactos base pueden realizarse preferentemente mediante aplicación por vaporización, impresión o bombardeo iónico de metales con la exposición a fuego subsiguiente de los contactos para el establecimiento de contacto, especialmente con un horno RTP o mediante fuego láser.

Según la invención, entre los pasos b) y c) se deposita una capa aislante frontal sobre la capa semiconductor.

- 5 La fabricación de la al menos una capa aislante frontal se realiza preferentemente mediante la oxidación térmica de silicio o mediante la deposición química en fase gaseosa reforzada con plasma (PECVD) o la deposición de capas atómicas (ALD).

10 Antes de la deposición de la capa aislante se puede conseguir, preferentemente por medio de un corte por láser, una interrupción de la capa semiconductor superior, es decir, de la capa con la segunda dotación. Dicho corte por láser se produce preferentemente mediante láser guiado con chorro de líquido (LCP) o láser seco.

Según la invención, antes del paso c) se realiza un aislamiento de flanco. Según la invención, dicho aislamiento de flanco se realiza por medio de una capa de nitruro o de carburo impresa, aplicada por vaporización, depositada o crecida.

- 15 Otra forma de realización preferible prevé que en al menos una fosa de separación se integra un diodo de derivación que a través de contactos eléctricos se une al emisor y a la base.

Con la ayuda del siguiente ejemplo y de las siguientes figuras se pretende explicar en detalle el objeto según la invención sin pretender limitarlo a las formas de realización específicas representadas aquí.

La figura 1 muestra en una representación esquemática en sección un primer objeto.

la figura 2 muestra en una representación esquemática en sección un objeto según la invención.

- 20 la figura 3 muestra una vista en planta desde arriba de un módulo solar según la invención.

25 En la figura 1 está representado en sección transversal un primer módulo solar a base de capas delgadas con la interconexión integrada de dos células solares. En este, un sustrato 1 que puede ser tanto eléctricamente conductor como no eléctricamente conductor está envuelto completamente por una capa de encapsulamiento 2 que en el presente caso es no eléctricamente conductor. Sobre la capa de encapsulamiento 2 está depositada una estructura de capas que se compone de una capa 3 de alta dotación, una capa 3' de dotación normal y una capa 4 de dotación contraria a la capa 4, de silicio cristalino. Al mismo tiempo, la estructura de capas está interrumpida por una fosa de separación 5 que se removió por ablación. En la fosa de separación 5 y por zonas sobre la estructura de capas están depositados el contacto emisor 7 y el contacto base 8. Además, frontalmente con respecto a la estructura de capas está depositada además una capa aislante o capa de pasivación 6.

30 En la figura 2 está representada una variante del módulo solar según la invención a base de capas delgadas. La construcción del sustrato y de la estructura de capas corresponde aquí a la figura 1. Adicionalmente, en la figura 2 está representada además una interrupción de la estructura de capas por medio de un corte por láser 5'. Igualmente adicionalmente, la célula solar izquierda presenta en el borde de la fosa de separación un aislamiento de flanco 6'. El contacto base 8 presenta adicionalmente un contacto 8' tratado por fuego láser.

35 En la figura 3 está representada una vista en planta desde arriba de un módulo solar según la invención. Aquí están representados la base 11 y los emisores 12 de las células solares individuales. Asimismo, la representación muestra dedos metálicos para la contactación de emisor 13. El contacto base 14 presenta contactos 14' tratados por fuego láser. Adicionalmente, está integrado un diodo de derivación 15 que a través de los contactos 16' y 16'' está unido a los contactos base 14.

#### 40 **Ejemplo**

A continuación, se representa una posible secuencia de proceso para la fabricación de un módulo de capas delgadas de Si cristalino interconectado de forma integrada, con algunas opciones adicionales:

1. La texturización de la superficie de silicio por medio de texturización por plasma
- 45 2. La ablación de c-Si de la pila de Si completa (14 a 50  $\mu\text{m}$ ) para la separación de célula con un reducido daño superficial mediante LCP
3. La ablación selectiva (con una profundidad de 0,1 a 40  $\mu\text{m}$ ) del emisor en un ancho de aproximadamente 10 a 500  $\mu\text{m}$  con un reducido daño, mediante láser LCP
4. El corte láser mediante láser LCP
5. La pasivación de todas las superficies de silicio por oxidación térmica
- 50 6. El aislamiento de flanco mediante una pasta de inyección oxidica

7. Dedos de contacto en el emisor mediante la aplicación por vaporización de metales
  8. Contacto base mediante la aplicación por vaporización de metales
  9. La exposición a fuego de los contactos en el horno RTP
  10. Contactos tratados por fuego láser en el contacto base
- 5 Alternativamente, el paso 1 puede realizarse después del paso 3, con la ventaja de que los pasos 2 y 3 pueden apoyarse mediante el amordentado posterior de restos que puedan haber quedado. Si la estructura de capas ya está texturizada o si no se requiere ninguna texturización, por ejemplo porque en la capa 1 o 2 se incorporó un espejo de lado posterior difuso, eficiente, el paso 1 también puede suprimirse sin sustitución.

**REIVINDICACIONES**

1. Módulo solar a base de capas delgadas con la interconexión integrada de al menos dos células solares, que contiene
- a) un sustrato (1) no eléctricamente conductor; o
- 5 b) un sustrato (1) eléctricamente conductor;
- con una capa de barrera (2) no eléctricamente conductora, sobre la que está depositada una estructura de capas que contiene al menos una capa semiconductor (3) cristalina con una primera dotación así como al menos una capa semiconductor (4) cristalina con una segunda dotación contraria a la primera dotación,
- 10 en el cual el módulo solar presenta entre las distintas células solares fosas de separación (5) aislantes en las que se ha eliminado la estructura de capas, y en el cual al menos en una parte de las fosas de separación (5) y al menos en zonas de la estructura de capas están depositados un contacto emisor (7) y un contacto de base (8) por medio de deposición en fase gaseosa, pulverización, bombardeo iónico, impresión o procedimiento de aplicación por vaporización, caracterizado por que las fosas de separación presentan un aislamiento de flanco (6') en forma de una capa de nitruro o carburo impresa, aplicada por vaporización, depositada o crecida,
- 15 en el cual el sustrato en su totalidad está encapsulado completamente con la capa de barrera,
- en el cual la capa de barrera está compuesta por una capa de nitruro o una capa de carburo o combinaciones de estas o las contiene sustancialmente,
- en el cual la capa de barrera presenta un grosor de 100 nm a 100 µm, y
- en el cual la estructura de capas presenta una capa aislante (6) frontal que constituye una capa de pasivación.
- 20 2. Módulo solar según la reivindicación 1, caracterizado por que el sustrato se compone de un material seleccionado de entre el grupo de los silicatos de circonio, grafitos, cerámicas de vidrio, cerámicas de silicato, cerámicas de óxido, especialmente óxido de aluminio, óxido de titanio u óxido de silicio, cerámicas de nitruro, especialmente nitruro de silicio o nitruro de titanio, mullitas, porcelana, silicio sinterizado, metales sinterizados así como sus compuestos, o los contiene sustancialmente y/o la capa de barrera se compone de nitruro de boro o nitruro de silicio, carburo de silicio
- 25 o carburo de titanio, o combinaciones de estos, o los contiene sustancialmente.
3. Módulo solar según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que al menos una fosa de separación (5) adicional define un diodo de derivación (15) integrado que a través de contactos eléctricos (11, 12) está unido al contacto emisor (7) y al contacto base (8).
- 30 4. Módulo solar según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el sustrato (1) no eléctricamente conductor está completamente encapsulado con la capa de barrera (2).
5. Procedimiento para la fabricación de un módulo solar a base de capas delgadas con la interconexión integrada de al menos dos células solares, que presenta los siguientes pasos:
- a) la puesta a disposición
- i) de un sustrato (1) no eléctricamente conductor; o
- 35 ii) de un sustrato (1) eléctricamente conductor
- con una capa de barrera (2) no eléctricamente conductora con una estructura de capas depositada sobre esta, que contiene al menos una capa semiconductor (3) cristalina con una primera dotación así como al menos una capa semiconductor (4) cristalina con una segunda dotación contraria a la primera dotación,
- 40 b) la eliminación por zonas de la estructura de capas del sustrato para la generación de fosas de separación aislantes,
- c) la deposición del contacto emisor (7) y del contacto base (8) en al menos una parte de las fosas de separación y al menos en zonas de la estructura de capas,
- caracterizado por que antes del paso c) se realiza un aislamiento de flanco,
- por que el sustrato en su totalidad está encapsulado totalmente con la capa de barrera,
- 45 por que la capa de barrera está compuesta por una capa de nitruro o una capa de carburo o combinaciones de estas o las contiene sustancialmente,
- por que la capa de barrera presenta un grosor de 100 nm a 100 µm,

por que entre los pasos b) y c) se deposita una capa aislante (6) frontal sobre la capa semiconductor (4), que constituye una capa de pasivación, y

por que antes del paso c) se realiza un aislamiento de flanco por medio de una capa de nitruro o de carburo impresa, aplicada por vaporización, depositada o crecida.

- 5 6. Procedimiento según la reivindicación 5, caracterizado por que después del paso a) se realiza una texturización del sustrato (1) con la estructura de capas depositada sobre este, especialmente una texturización por plasma, una texturización en fase gaseosa o una texturización química en mojado.
- 10 7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 5 o 6, caracterizado por que la eliminación de la estructura de capas en el paso b) se realiza mediante ablación, especialmente mediante láser guiado por chorro de líquido (LCP) o láser en seco.
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 5 a 7, caracterizado por que la fabricación de la al menos una capa aislante (6) frontal se realiza mediante la oxidación térmica de silicio o mediante la deposición química en fase gaseosa reforzada con plasma (PECVD) o la deposición de capas atómicas (ALD).
- 15 9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 5 a 8, caracterizado por que la generación del contacto emisor (7) y del contacto base (8) se realiza mediante aplicación por vaporización, impresión o bombardeo iónico de metales con la exposición a fuego subsiguiente de los contactos para el establecimiento de contacto, especialmente con un horno RTP o mediante fuego láser.
10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 5 a 9, caracterizado por que después del paso b) se efectúa un corte por láser mediante láser guiado con chorro de líquido (LCP) o láser seco.
- 20 11. Procedimiento según una de las reivindicaciones 5 a 10 para la fabricación de un módulo solar según una de las reivindicaciones 1 a 4.

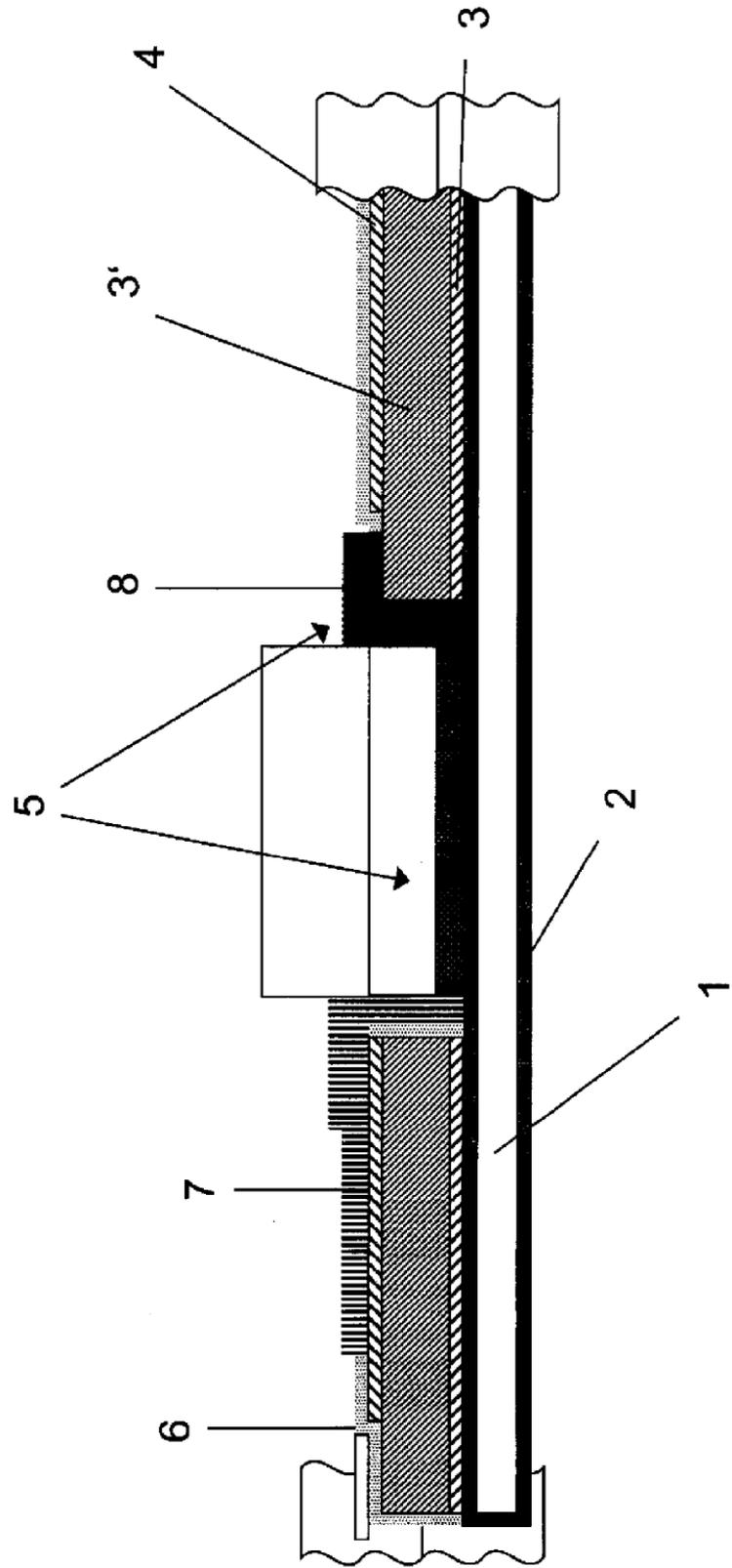
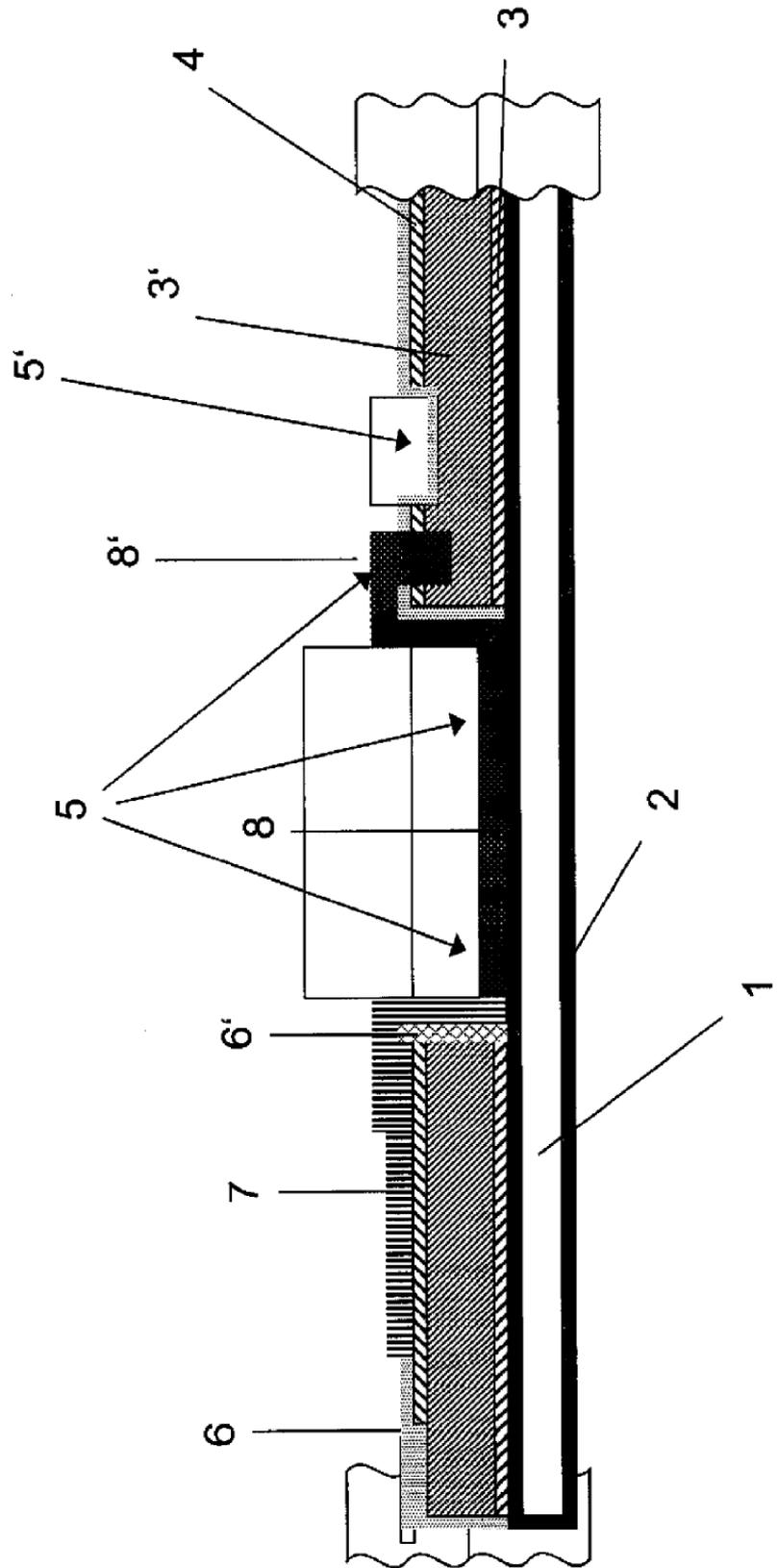


Figura 1

Figura 2



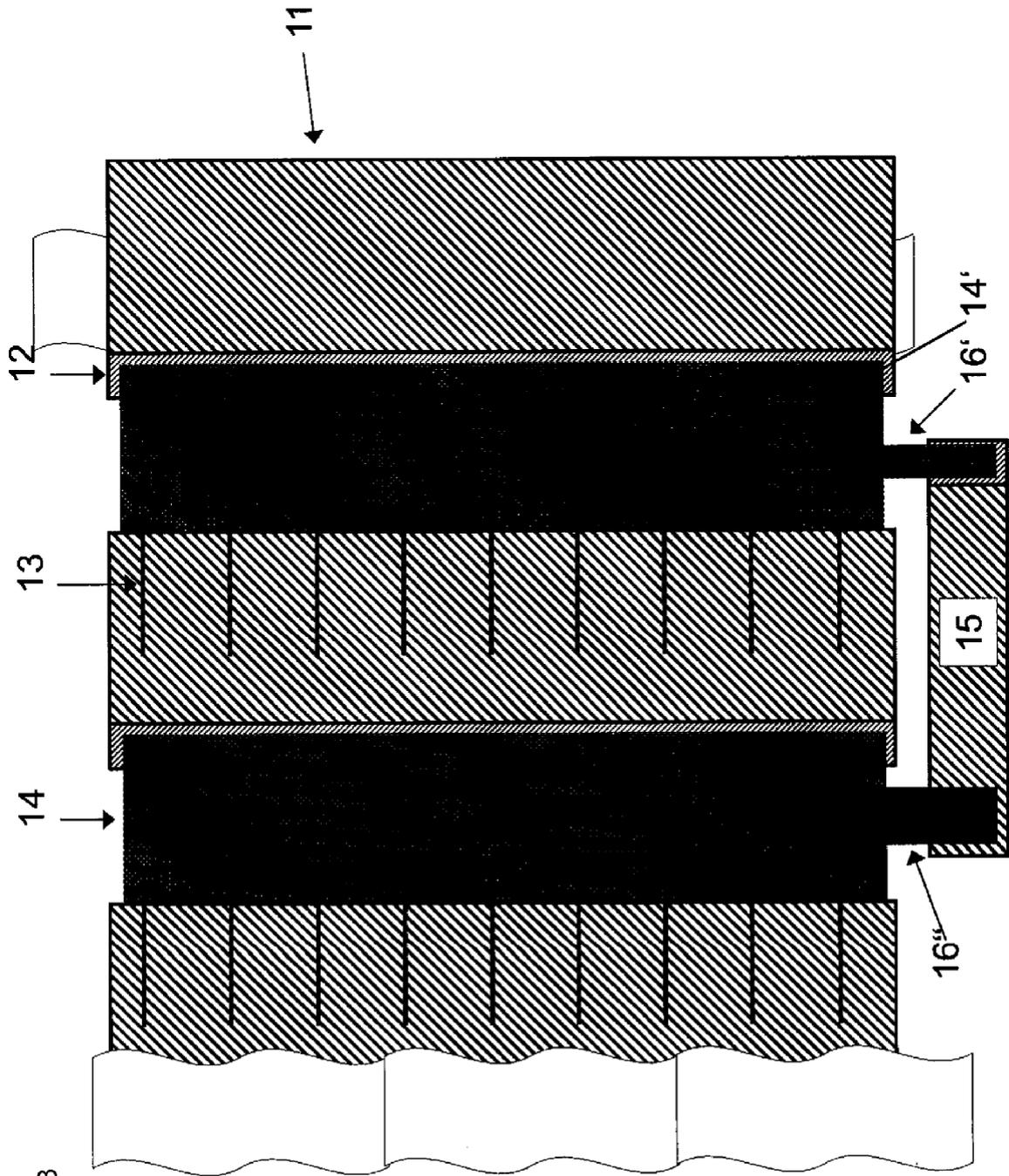


Figura 3