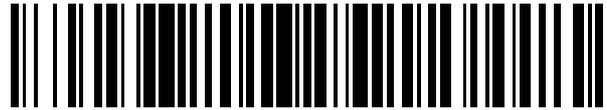


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 560 216**

51 Int. Cl.:

H01L 31/0747 (2012.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.01.2011 E 11708521 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.10.2015 EP 2529416**

54 Título: **Célula fotovoltaica que comprende una película delgada de pasivación de óxido cristalino de silicio y procedimiento de realización**

30 Prioridad:

27.01.2010 FR 1000309

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

17.02.2016

73 Titular/es:

**COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE ET
AUX ÉNERGIES ALTERNATIVES (100.0%)
25 Rue Leblanc, Bâtiment "Le Ponant D"
75015 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**MUR, PIERRE;
MORICEAU, HUBERT y
RIBEYRON, PIERRE-JEAN**

74 Agente/Representante:

POLO FLORES, Carlos

ES 2 560 216 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 fotovoltaica que comprende una película delgada de pasivación de óxido cristalino de silicio y procedimiento de realización.

5

Ámbito técnico de la invención

La invención se refiere a una célula fotovoltaica con heterounión que comprende un sustrato de silicio cristalino que presenta un tipo de impurificación dada y una capa de silicio amorfo o micro-cristalino, así como un procedimiento de realización de al menos tal célula fotovoltaica.

10

Estado de la técnica

Una célula fotovoltaica con heterounión está formada por un apilamiento multicapa que permite convertir directamente los fotones recibidos en una señal eléctrica. La heterounión está formada, en particular, por un sustrato de silicio cristalino de un tipo de impurificación (n o p) dada y por una capa de silicio amorfo de un tipo de impurificación contrario u opuesto al del sustrato.

15

Además, una capa intermedia denominada de «pasivación eléctrica» está dispuesta, con mayor frecuencia, entre los dos elementos que forman la heterounión, a fin de mejorar las características de interfaz de la heterounión y, por tanto, la eficacia de la conversión. Como se indica en la solicitud de patente US2001/0029978, esta capa intermedia es en general una capa de silicio amorfo intrínseco.

20

A título de ejemplo, la figura 1 ilustra un modo particular de realización de una célula fotovoltaica según el estado anterior de la técnica, tal como se ha descrito en la solicitud de patente US2001/0029978. La célula fotovoltaica con heterounión consta de un sustrato de silicio cristalino 1, por ejemplo impurificado de tipo n y que comprende una cara delantera 1a, recubierta uniformemente y sucesivamente por:

25

- una capa de silicio amorfo intrínseco 2,

30

- una capa de silicio amorfo 3, impurificado por ejemplo de tipo p para formar la heterounión con el sustrato 1,

- un electrodo 4, por ejemplo de óxido de indio y de estaño (o ITO)

35

- y un colector de corriente 5 en forma de peine.

La cara delantera 1a del sustrato 1 está, además, texturizada (o estructurada) a fin de aumentar el confinamiento óptico de la célula.

40

La cara trasera 1b del sustrato 1 es, en la figura 1, plana y recubierta de un electrodo 6. Puede, no obstante, en otros casos, estar texturizada y recubierta de un apilamiento multicapa como se representa en la figura 2. Así, en este modo de realización, la cara trasera 1 b del sustrato 1 está recubierta uniformemente y sucesivamente por:

- una capa de silicio amorfo intrínseco 7,

45

- una capa de silicio amorfo 8, muy firmemente impurificada, por ejemplo, de tipo n,

- un electrodo 9, de ITO por ejemplo

50

- y un colector de corriente 10 en forma de peine.

Así, como se ha ilustrado en las figuras 1 y 2, las células fotovoltaicas con heterounión requieren depositar, de manera uniforme, una pluralidad de capas muy finas (del orden de unos nanómetros a unas decenas de nanómetros) sobre un sustrato en el cual al menos una cara puede estar ventajosamente texturizada. Por depósito uniforme de una capa delgada, igualmente llamado depósito conforme de una capa delgada por algunos, se entiende el depósito de una capa delgada de un grosor casi constante a fin de seguir el relieve de la cara sobre la cual se deposita la capa delgada.

55

No obstante, la etapa de texturación del sustrato de al menos una cara, casi siempre necesaria, no facilita la buena

distribución uniforme de estas capas. En particular, la etapa de texturación lleva a un aumento importante de la superficie desarrollada. Además, en el ámbito de las células fotovoltaicas, es habitual texturar al menos una cara del sustrato en forma de pirámides. No obstante, los flancos de las pirámides obtenidas son con frecuencia muy rugosos y las puntas y huecos de las pirámides son abruptos (radio de curvatura en general inferior a 30 nm), Lo que es nefasto para obtener una perfecta uniformidad de grosor para las capas depositadas sucesivamente sobre la cara texturada. A título de ejemplo, la solicitud de patente US2001/0029978 propone realizar un grabado isotrópico húmedo, utilizando una solución de ácido fluorhídrico (HF) y de ácido nítrico, a fin de redondear las zonas «b» dispuestas entre dos pirámides. Sin embargo, este grabado es demasiado importante, del orden de 2 μm o más y no permite alisar los flancos de las pirámides al nivel nanométrico.

10 Por otro lado, la etapa de texturación, así como unas etapas de limpieza, las etapas de grabado y los tiempos de espera antes de los depósitos pueden generar una contaminación de superficie (particular y/o metálica) de la cara texturada del sustrato, lo que provoca un aumento importante de la densidad de estado de la superficie del sustrato texturado. Así, estos problemas de polución impiden obtener una buena pasivación de la superficie y, por tanto, unos
15 rendimientos elevados y esto, a pesar del empleo de una capa intermedia de silicio amorfo intrínseco como capa de pasivación.

En el artículo «Optimization of Amorphous Silicon Oxide Buffer Layer for High-Efficiency p-Type Hydrogenated Microcrystalline Silicon Oxide/n-type Crystalline Silicon Heterojunction Solar Cell» de J. Sritharathikhun et al. (Japanese Journal of Applied Physics, Vol 47, N°11, 2008, pp8452-8455), se propone utilizar una capa de pasivación de superficie, de óxido de silicio amorfo intrínseco (i-a-SiO:H) entre un sustrato de silicio cristalino impurificado n (n-a-Si :H) y una capa de óxido de silicio microcristalina impurificada p (p-mc-SiO :H).

Tal capa de pasivación se deposita por una técnica de depósito químico en fase de vapor asistido por plasma de muy alta frecuencia (VHF-PECVD). Además, el grosor óptimo de tal capa es de 6 nm. No obstante, la realización de tal capa de pasivación provoca la formación de numerosos defectos al nivel de la interfaz entre el sustrato de silicio cristalino impurificado n y dicha capa de pasivación.

En WO 2009/094578 una capa de óxido de silicio amorfo se utiliza como pasivación.

30

Objeto de la invención

La invención tiene como objetivo proponer una célula fotovoltaica con heterounión que presenta una buena pasivación de superficie, al mismo tiempo que es fácil de aplicar.

35

Según la invención, este objetivo se logra por el hecho de que una célula fotovoltaica con heterounión que comprende un sustrato de silicio cristalino que presenta un tipo de impurificación dado y una capa de silicio amorfo o microcristalino se caracteriza porque consta al menos de una película delgada de óxido cristalino de silicio, dispuesta directamente sobre una cara del sustrato, entre dicho sustrato y dicha capa de silicio amorfo o
40 microcristalino.

Según un desarrollo de la invención, la película delgada de óxido cristalino está constituida por una parte superficial del sustrato obtenida por oxidación homolítica.

45 Según otro desarrollo, la película delgada de óxido cristalino de silicio tiene un grosor inferior o igual a 2 nanómetros.

Según la invención, este objetivo se logra igualmente por el hecho de que la película delgada de óxido cristalino de silicio se realiza, antes de la formación de la capa de silicio amorfo o micro-cristalino, por oxidación superficial homolítica de una superficie del sustrato.

50

Breve descripción de los dibujos

Otras ventajas y características resultarán más claramente de la descripción que se muestra a continuación de modos particulares de realización de la invención dados a título de ejemplos no limitativos y representados en los
55 dibujos anexos, en los cuales:

- la figura 1 representa, esquemáticamente y en sección, un modo de realización particular de una célula fotovoltaica según el estado anterior de la técnica.

- la figura 2 representa, esquemáticamente y en sección, una variante de realización de la célula fotovoltaica según la figura 1.

- las figuras de 3 a 9 ilustran diferentes modos de realización de células fotovoltaicas según la invención.

5

Descripción de modos particulares de realización

La célula fotovoltaica según la figura 3 presenta un apilamiento multicapa casi similar al de la célula fotovoltaica representada en la figura 1. No obstante, en la figura 3, una película delgada 11 de óxido cristalino de silicio está dispuesta entre el sustrato de silicio cristalino 1 y la capa delgada de silicio amorfo intrínseco 2.

El conjunto formado por la película delgada 11, la capa de silicio amorfo intrínseco 2, la capa de silicio amorfo 3 impurificado p, el electrodo 4 y el colector de corriente 5 constituye, entonces, un apilamiento multicapa dispuesto sobre la cara delantera 1a del sustrato 1 y marcado como A1 en la figura 3.

15

Más particularmente, la película delgada 11 está dispuesta directamente sobre la cara delantera 1a del sustrato 1 de silicio cristalino impurificado n, entre dicho sustrato 1 y la capa de silicio amorfo intrínseco 2. Por consiguiente, está directamente en contacto con la cara delantera 1a del sustrato 1. Además, presenta, de manera ventajosa, un grosor inferior o igual a 2 nanómetros e incluso de manera ventajosa comprendido entre 0,1 nm y 2 nm y, característicamente, del orden de 0,5 nm.

20

La película delgada 11 es, más particularmente, una película delgada obtenida oxidando el silicio de una parte superficial del sustrato 1, antes de la formación de las capas delgadas sucesivas 2, 3, 4 y 5 del apilamiento A1. Por parte superficial del sustrato 1, se entiende una zona del sustrato 1, que se extiende desde una superficie libre del sustrato 1 hacia el interior de este, sobre un grosor muy reducido (de manera ventajosa inferior a 2 nm). Además, la película delgada 11 es de óxido cristalino de silicio, es decir un óxido en forma cristalina. En particular, se da por supuesto que la forma cristalina del óxido de silicio puede ser, en ciertos casos, la forma tridimita para un sustrato de silicio que tenga un plano cristalográfico (100).

25

Además, la oxidación es una oxidación superficial homolítica, es decir una oxidación realizada por medio de radicales (o radicales libres). Tales radicales son en particular unos radicales oxigenados, por ejemplo obtenidos a partir de oxígeno, ozono y/o agua.

30

Los radicales obtenidos de este modo oxidan, entonces, el silicio sobre una parte superficial del sustrato 1. Además, el óxido de silicio obtenido de este modo durante la oxidación homolítica está al menos en parte en forma cristalina. Más particularmente, la oxidación superficial homolítica del sustrato de silicio está controlada de forma ventajosa de manera que forme dicha película delgada cristalina sobre la superficie del sustrato de silicio. La oxidación superficial homolítica del sustrato puede no obstante, en ciertos casos, comportar la formación suplementaria, sobre el óxido cristalino de silicio, de óxido de silicio en una forma amorfa. No obstante, el óxido cristalino de silicio que forma la película delgada 11 permanece interpuesto entre el sustrato 11 y el óxido amorfo de silicio. Además, el óxido de silicio amorfo, formado de manera ventajosa durante la oxidación superficial homolítica puede, eventualmente, ser retirado por decapado, durante una etapa intermedia después de la oxidación superficial homolítica y, más particularmente, antes de la formación de las otras capas del apilamiento A1.

35

40

La oxidación está asistida, de manera ventajosa, con la ayuda de un plasma o bien por aplicación de radiaciones ultravioletas sobre la superficie del sustrato que se va a oxidar. El tratamiento por plasma o por radiaciones ultravioletas facilita, en particular, la formación de los radicales libres utilizados para oxidar el silicio del sustrato 1. Son, más particularmente, unos radicales de tipo O^{\cdot} , O_2^{\cdot} y/o OH^{\cdot} , según el tipo de tratamiento y se obtienen en particular a partir de oxígeno y/o de ozono y/o de agua.

45

Según un modo particular de realización, la oxidación de la parte superficial del sustrato 1 se puede realizar a partir de oxígeno y de radiaciones ultravioletas que tienen una gama de longitudes de onda comprendida entre 160 nm y 400 nm. Las longitudes de onda de las radiaciones ultravioletas utilizadas son, por ejemplo, de aproximadamente 185 nm y de aproximadamente 254 nm. En este modo particular de realización, el oxígeno, bajo la acción de las radiaciones ultravioletas, se disocia en radicales libres O^{\cdot} y en ozono. Los radicales libres pueden oxidar la superficie del silicio.

50

55

Además, la temperatura durante la operación de oxidación puede estar comprendida entre la temperatura ambiente y aproximadamente 900 °C, mientras que la presión puede estar comprendida entre aproximadamente 10^{-4} y

aproximadamente 10^5 Pa. No obstante, de manera ventajosa, la temperatura y la presión son respectivamente la temperatura ambiente y la presión ambiente.

Una vez que la película delgada 11 se haya formado, el procedimiento de realización de al menos una célula fotovoltaica se prosigue por el depósito sucesivo de capas delgadas. En particular, en el modo de realización representado en la figura 3, la formación de la película delgada 11 va seguida directamente de los depósitos sucesivos siguientes:

- 5 - depósito de la capa delgada 2 de silicio amorfo intrínseco,
- 10 - depósito de la capa delgada 3 de silicio amorfo impurificado p sobre dicha película delgada 11,
- depósito del electrodo 4 sobre la capa delgada 3,
- 15 - depósito del colector de corriente 5 sobre el electrodo 4
- y depósito del electrodo 6 sobre la cara trasera 1 b del sustrato 1.

Como se ha mencionado anteriormente, una etapa intermedia para retirar el óxido de silicio amorfo, eventualmente formado sobre la película delgada 11 durante la operación de oxidación homolítica, se puede realizar antes del depósito sucesivo de dichas capas delgadas.

Así, se ha constatado que la presencia de una película delgada de óxido cristalino de silicio sobre una de las caras del sustrato 1 y, en particular cuando se realiza por una oxidación homolítica, permite obtener unas características de pasivación importantes, presentando el óxido cristalino de silicio una muy buena calidad intrínseca. Así, tal película delgada de óxido cristalino de silicio permite impedir que los portadores de carga queden atrapados al recombinarse. Desempeña por tanto la función de un óxido túnel garantizando una pasivación de superficie del sustrato 1. Así, es posible aumentar la tensión de circuito abierto de la célula fotovoltaica y potencialmente aumentar la corriente de cortocircuito y hacer variar el factor de forma de la célula sin deteriorar el rendimiento.

Además, esto permite facilitar el procedimiento de realización de una o varias células fotovoltaicas. En efecto, la superficie del sustrato 1 recubierta así de una película delgada de óxido es estable durante una duración más larga, lo que permite aumentar el tiempo de espera posible, antes de realizar las etapas siguientes del procedimiento de realización 8 de depósito de las otras capas delgadas). Además, en ciertos casos y según las condiciones de limpieza, no es necesario retirar el óxido nativo presente en la superficie del sustrato 1, antes de formar la película delgada de óxido cristalino de silicio. Este puede, en determinadas condiciones, ser transformado en forma cristalina durante la etapa de oxidación homolítica. Por último, el hecho de realizar al menos una película delgada de óxido cristalino de silicio como capa de pasivación permite superar una etapa de limpieza del sustrato con ácido fluorhídrico antes de depositar silicio amorfo intrínseco, lo que permite mejorar la seguridad del procedimiento.

En la figura 3, la cara trasera 1 b del sustrato 1 es plana y está recubierta, como en el modo de realización según la figura 1, por un electrodo 6. Por el contrario, como se ilustra en la figura 4, la cara trasera 1 b puede ser texturada y recubierta de un apilamiento multicapa como se representa en la figura 2, es decir uniformemente y sucesivamente por:

- 45 - una capa de silicio amorfo intrínseco 7,
- una capa de silicio amorfo 8, muy firmemente impurificado, por ejemplo, de tipo n,
- 50 - un electrodo 9, de ITO por ejemplo
- y un colector de corriente 10 en forma de peine.

Por otro lado, una película delgada adicional 12 puede estar dispuesta, en ciertos modos de realización, sobre la cara trasera 1 b del sustrato 1.

Así, según una variante de realización y como se representa en la figura 5, la célula puede constar de una cara delantera 1a recubierta por el mismo apilamiento multicapa A1 que el representado en las figuras 3 y 4. Por el contrario, la cara trasera 1 b del sustrato 1 es, como la cara delantera 1a, texturada y está recubierta además por

una película delgada 12 adicional de óxido cristalino de silicio. Dicha película delgada 12 adicional está recubierta por un apilamiento multicapa formado por una capa delgada amorfa intrínseca 7, una capa delgada de silicio amorfo 8 impurificado n, un electrodo 9 y un colector de corriente 10, formando el conjunto, entonces, un apilamiento multicapa que recubre la cara trasera 1b del sustrato 1 y marcado como B1 en la figura 5.

5

En ciertos casos, la alta calidad intrínseca del óxido cristalino de silicio es suficiente para obtener una buena pasivación de superficie y puede hacer que la presencia de una capa delgada de pasivación de silicio amorfo intrínseco 2 entre dicha película y la capa delgada de silicio amorfo impurificado sea innecesaria.

- 10 Entonces la película delgada 11 puede estar dispuesta directamente entre el sustrato 1 y la capa de silicio amorfo impurificado p 3. Así, en estos modos de realización, se puede considerar reemplazar el apilamiento multicapa A1 por un apilamiento multicapa A2 que se distingue del apilamiento A1 por la supresión de la capa delgada de silicio intrínseco 2 entre la película delgada 11 y la capa delgada de silicio amorfo 3 impurificado p. Tal apilamiento A2 podría estar asociado entonces a unos modos de realización diversos para la cara trasera 1b del sustrato 1 como se
15 ilustra en las figuras de 6 a 9.

Así, dicho apilamiento A2 que recubre la cara delantera 1a del sustrato 1 está asociado, en la figura 6, a un electrodo 6 que recubre la cara trasera 1 b plana del sustrato 1.

- 20 En la figura 7, la cara trasera 1b está texturada como la cara delantera 1a del sustrato 1 y está recubierta por un apilamiento multicapa tal como el representado en la figura 2, es decir un apilamiento multicapa que no comprende película delgada adicional 12 de óxido cristalino de silicio.

- En la figura 8, la cara trasera 1 b del sustrato 1 está texturada también como la cara delantera 1b del sustrato y está
25 recubierta de un apilamiento multicapa B1, es decir un apilamiento que comprende una película delgada adicional 12 intercalada entre el sustrato 1 y la capa delgada de silicio amorfo 8 impurificado de tipo n.

- Por último, en la figura 9, la cara trasera 1b del sustrato 1 está texturada también como la cara delantera 1 b del sustrato y está recubierta por un apilamiento multicapa B2. El apilamiento multicapa B2 difiere del apilamiento B1 en
30 que no comprende capa de silicio amorfo intrínseco 7 dispuesta entre la película delgada adicional 12 y la capa de silicio amorfo 8.

- Cuando la célula fotovoltaica consta de una película delgada 11 dispuesta sobre la cara delantera 1a del sustrato 1 así como una película delgada adicional 12 dispuesta sobre la cara trasera 1b del sustrato 1, las dos películas
35 delgadas 11 y 12 pueden estar realizadas de manera simultánea o de manera sucesiva.

En el caso de una realización sucesiva de las dos películas delgadas 11 y 12, la célula fotovoltaica puede estar realizada de forme ventajosa de la manera siguiente:

- 40 - la película delgada 11, la capa delgada de silicio amorfo intrínseco 2 eventual y la capa de silicio amorfo 3 impurificado de tipo p para formar la heterounión están formadas sucesivamente sobre la cara delantera 1a del sustrato 1,

- a continuación, la película delgada adicional 12, la capa delgada de silicio amorfo intrínseco 7 eventual y la capa de
45 silicio amorfo 8 impurificado de tipo n están formadas sucesivamente sobre la cara trasera 1 b del sustrato 1

- y, por último, los electrodos 4 y 9 así como los colectores de corriente 5 y 10 respectivamente asociados a dichos electrodos 4 y 9 están formados sobre su apilamiento respectivo.

- 50 Las dos películas delgadas 11 y 12 están realizadas, de manera ventajosa, cada una por oxidación homolítica, por medio de radicales libres tales como unos radicales oxigenados y eventualmente asistidas por tratamiento plasma o radiaciones ultravioletas.

- Según otra variante de realización, la célula fotovoltaica puede constar también de una sola película delgada de
55 óxido cristalino de silicio, dispuesta no sobre la cara delantera 1a del sustrato 1 (caso de las figuras 3, 4, 6 y 7), sino sobre la cara trasera 1b del sustrato 1. La película delgada de óxido cristalino de silicio está realizada, siempre de manera ventajosa, por oxidación homolítica, por medio de radicales oxigenados y eventualmente asistida por tratamiento plasma o unas radiaciones ultravioletas. En este caso, la cara delantera 1 a está recubierta, de manera ventajosa, por una capa delgada de silicio amorfo intrínseco 2 dispuesta entre el sustrato 1 y la capa delgada de

silicio amorfo 3 impurificado p. La cara trasera 1 b puede (o no) constar de una capa delgada de silicio amorfo intrínseco 7 entre la película delgada de óxido cristalino de silicio y la capa de silicio amorfo impurificado 8.

La invención no está limitada a los modos de realización descritos anteriormente, en particular en lo que se refiere al tipo de impurificación (n o p) del sustrato 1 y de las capas de silicio amorfo impurificado 3 y 8.

Por consiguiente, la invención no está limitada a los modos de realización que comprenden un sustrato de silicio cristalino impurificado n y unas capas de silicio amorfo 3 y 8, respectivamente impurificadas p y n. La capa de silicio amorfo 3 debe presentar un tipo de impurificación (p o n) opuesto al tipo de impurificación (n o p) del sustrato 1, a fin de formar la heterounión y la capa de silicio amorfo 8 dispuesta del lado de la cara trasera 1 b del sustrato 1 debe presentar un mismo tipo de impurificación (n o p) que el del sustrato 1 (n o p).

Por otro lado, en lugar de ser de silicio amorfo, las capas delgadas 3 y 8 pueden ser también de silicio microcristalino.

15

Por último, en lugar de utilizar silicio amorfo intrínseco para las capas 2 y 7, es posible utilizar silicio amorfo débilmente impurificado igualmente llamado micro-impurificado, siendo la impurificación del mismo tipo que la de la capa de silicio amorfo 3 u 8 destinada a estar dispuesta sobre dicha capa 2 ó 7. Por silicio amorfo débilmente impurificado o micro-impurificado, se entiende una impurificación casi inferior a los niveles de impurificación habitualmente utilizados. Así, a título de ejemplo, la concentración de impurificadores de cada una de las capas de silicio amorfo 2 y 7 puede estar comprendida entre $1,10^{16}$ y $1,10^{18}$ at/cm³, mientras que las capas delgadas de silicio amorfo 3 y 8 pueden tener cada una, una concentración de impurificadores comprendida entre $1,10^{19}$ at.cm³ y $1,10^{22}$ at.cm³.

20

25 El hecho de reemplazar el silicio amorfo intrínseco por silicio amorfo micro-impurificado permite, por el reducido nivel de impurificación, obtener una reducida densidad de estados localizados y, por tanto, un reducido índice de recombinación de los portadores en la interfaz con el sustrato así como una tensión de circuito abierto elevada. Además, la capa amorfa micro-impurificada presenta una conductividad casi más elevada que una capa amorfa intrínseca, lo que reduce la resistencia serie de la célula y mejora casi su factor de forma.

30

REIVINDICACIONES

1. Célula fotovoltaica con heterounión que comprende un sustrato (1) de silicio cristalino que presenta un tipo de impurificación dado y una capa de silicio amorfo o micro-cristalino (3, 8), **caracterizada porque** consta al menos de una película delgada de óxido cristalino de silicio (11), dispuesta directamente sobre una cara (1a, 1b) del sustrato (1), entre dicho sustrato (1) y dicha capa de silicio amorfo o micro-cristalino (3, 8).
2. Célula según la reivindicación 1, **caracterizada porque** la película delgada de óxido cristalino de silicio (11) está constituida por una parte superficial del sustrato (1) oxidada por unos radicales.
3. Célula según una de las reivindicaciones 1 y 2, **caracterizada porque** la película delgada de óxido cristalino de silicio (11) tiene un grosor inferior o igual a 2 nanómetros.
4. Célula según cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 3, **caracterizada porque** una capa delgada de silicio amorfo intrínseco o micro-impurificada (2, 7) está interpuesta entre la película delgada de óxido cristalino de silicio (11) y la capa de silicio amorfo o micro-cristalino (3, 8).
5. Célula según cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 3, **caracterizada porque** la película delgada de óxido cristalino de silicio (11) está directamente en contacto con la capa de silicio amorfo o micro-cristalino (3, 8).
6. Célula según cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 5, **caracterizada porque** la capa de silicio amorfo o micro-cristalino (8) presenta un tipo de impurificación idéntica al del sustrato (1) de silicio cristalino.
7. Célula según cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 5, **caracterizada porque** la capa de silicio amorfo o micro-cristalino (3) presenta un tipo de impurificación opuesto al del sustrato (1) de silicio cristalino.
8. Célula según la reivindicación 7, **caracterizada porque** consta de una película delgada de óxido cristalino de silicio adicional (12), dispuesta directamente sobre otra cara (1b) del sustrato (1), entre dicho sustrato (1) y una capa de silicio amorfo o micro-cristalino adicional (8), presentando dicha capa de silicio amorfo o micro-cristalino adicional (8) un tipo de impurificación idéntico al del sustrato (1) de silicio cristalino.
9. Célula según la reivindicación 8, **caracterizada porque** una capa delgada de silicio amorfo intrínseco o micro-impurificada adicional (7) está interpuesta entre la película delgada de óxido cristalino de silicio adicional (12) y la capa de silicio amorfo o micro-cristalino adicional (8).
10. Célula según la reivindicación 8, **caracterizada porque** la película delgada de óxido cristalino de silicio adicional (12) está directamente en contacto con la capa de silicio amorfo o micro-cristalino adicional (8).
11. Célula según cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 10, **caracterizada porque** al menos una cara (1a, 1 b) del sustrato (1) de silicio cristalino es texturada.
12. Célula según cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 11, **caracterizada porque** una capa de óxido amorfo de silicio está dispuesta directamente sobre la película delgada de óxido cristalino de silicio (11, 12), entre dicha película delgada y la capa de silicio amorfo o micro-cristalino (3, 8).
13. Procedimiento de realización de al menos una célula fotovoltaica según cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 12, **caracterizado porque** la película delgada de óxido cristalino de silicio (11, 12) está realizada, antes de la formación de la capa de silicio amorfo o micro-cristalino (3, 8), por una oxidación superficial homolítica de una superficie del sustrato (1).
14. Procedimiento según la reivindicación 13, **caracterizado porque** la oxidación superficial homolítica se realiza por medio de radicales oxigenados obtenidos a partir de oxígeno y/o de ozono y/o de agua.
15. Procedimiento según la reivindicación 14, **caracterizado porque** la oxidación superficial de una superficie del sustrato (1) está asistida por aplicación de radiaciones ultravioletas sobre dicha superficie.
16. Procedimiento según la reivindicación 15, **caracterizado porque** siendo obtenidos los radicales oxigenados al menos a partir de oxígeno, las radiaciones ultravioletas tienen una gama de longitudes de onda comprendida entre 160 nm y 400 nm.

17. Procedimiento según una de las reivindicaciones 13 y 14, **caracterizado porque** la oxidación superficial de una superficie del sustrato (1) está asistida por plasma.

5 18. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones de 13 a 17, **caracterizado porque** la oxidación superficial homolítica de una superficie del sustrato (1) está seguida de una etapa de decapado para retirar una parte de óxido de silicio formada durante la oxidación superficial homolítica, en forma amorfa, sobre la superficie de la película delgada (11, 12).

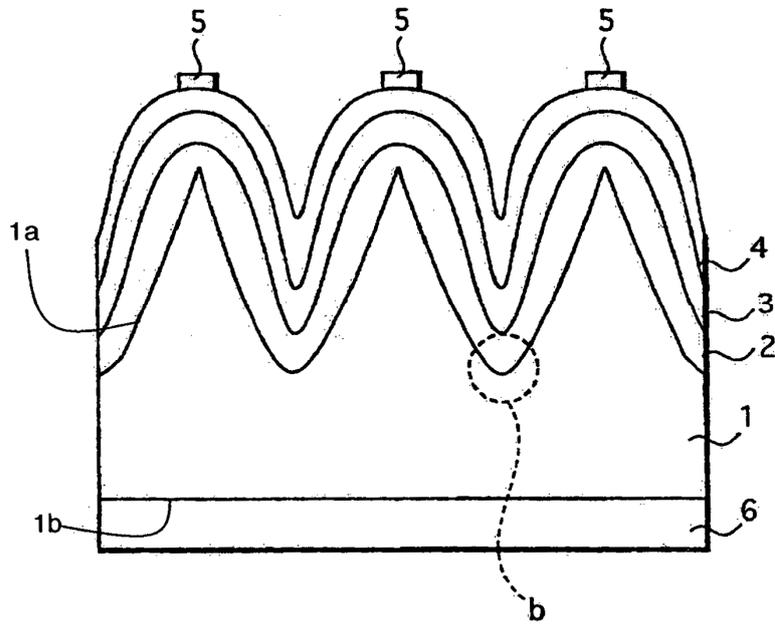


Fig. 1 (Estado anterior de la técnica)

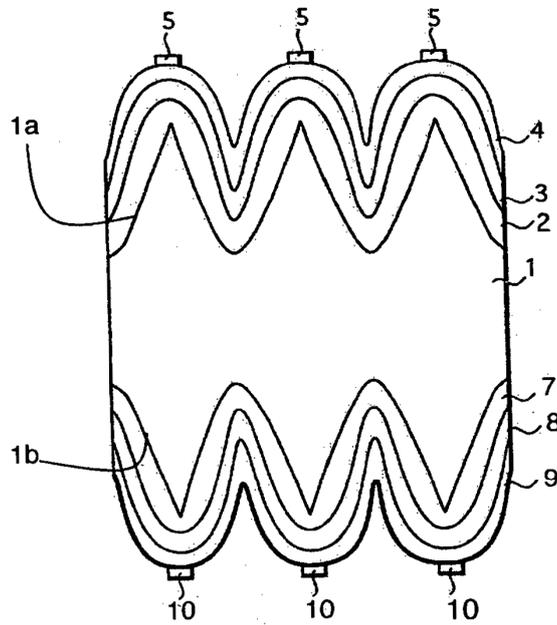


Fig. 2 (Estado anterior de la técnica)

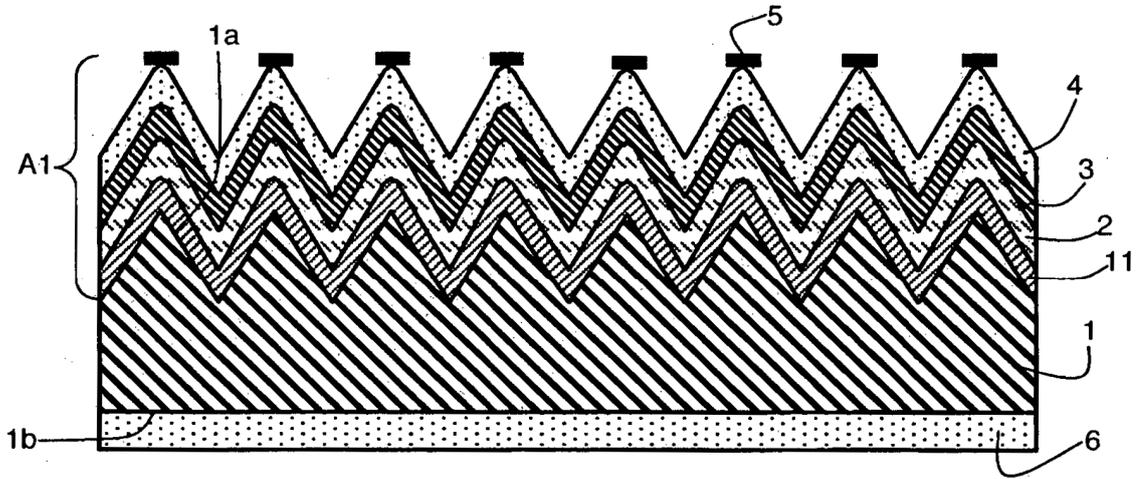


Fig. 3

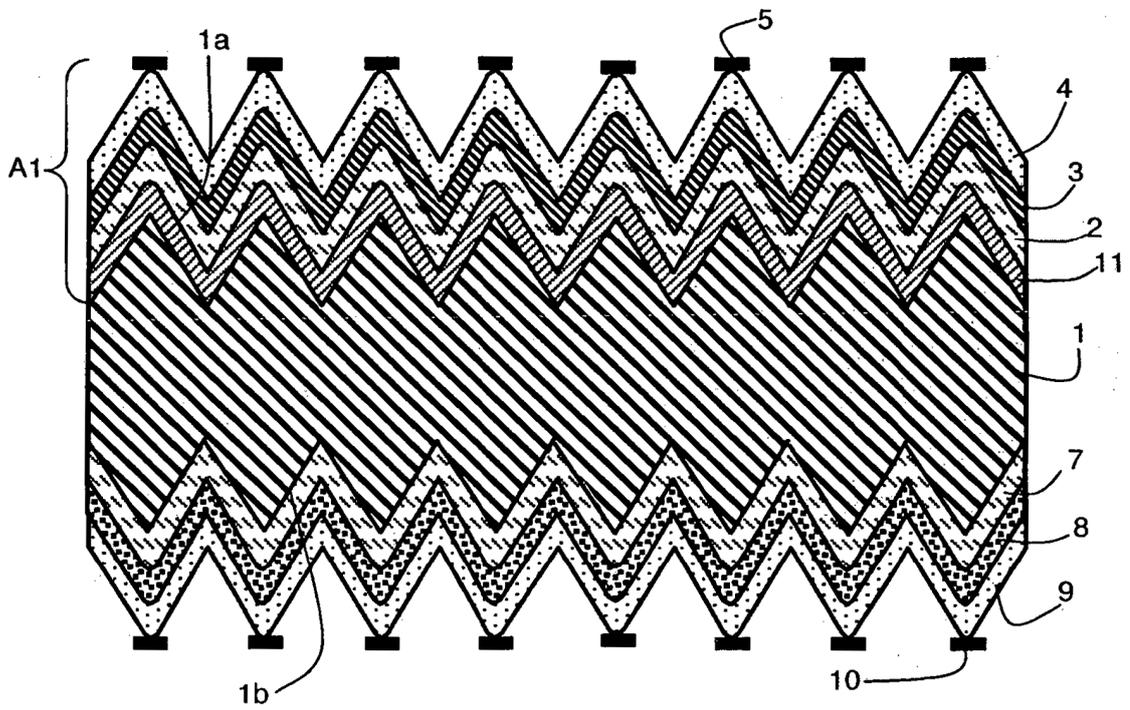


Fig. 4

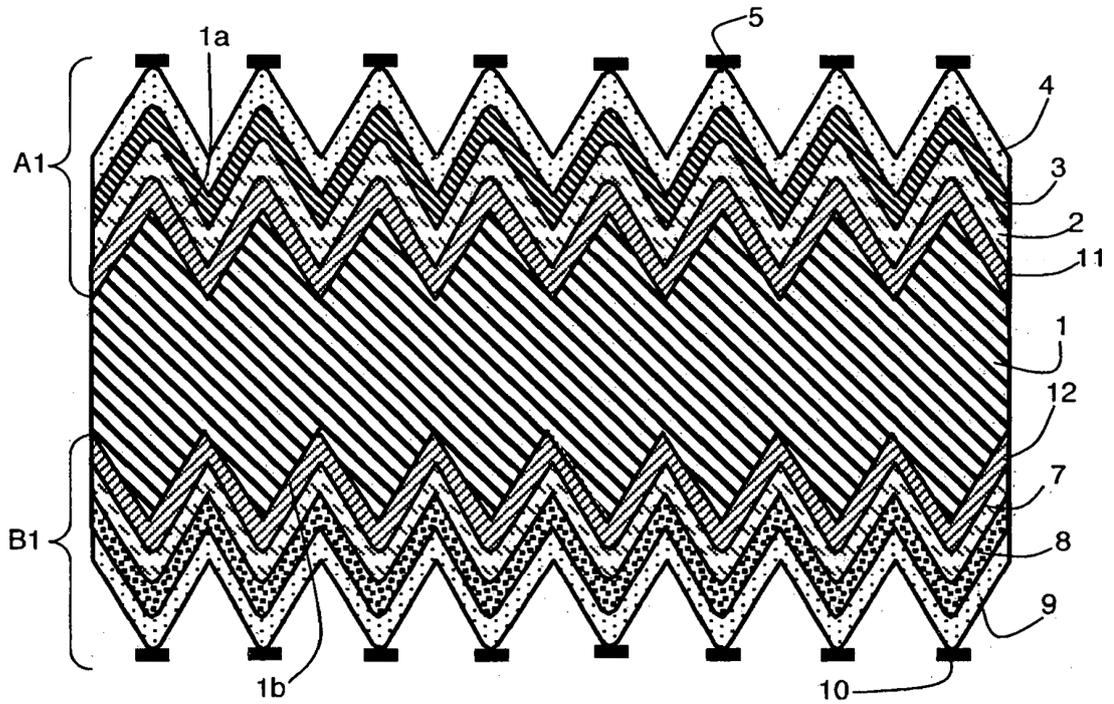


Fig. 5

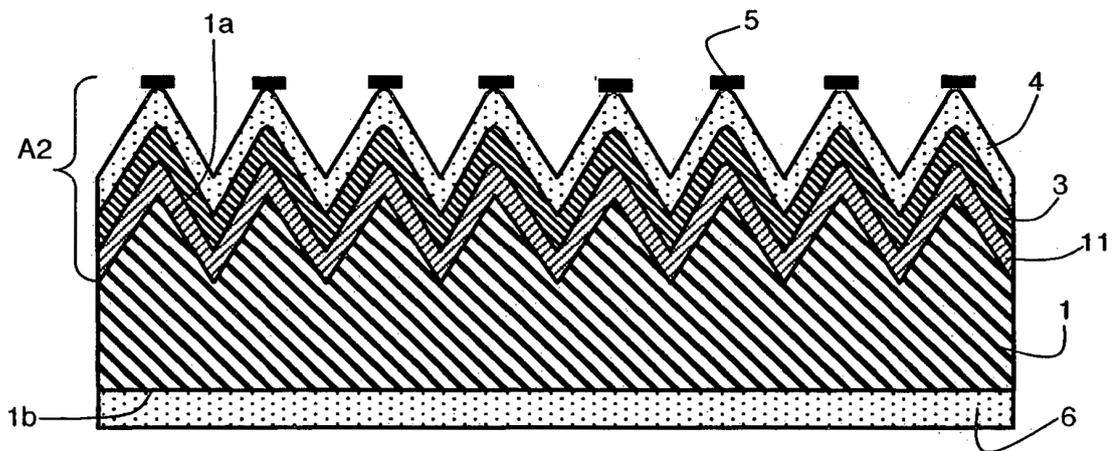
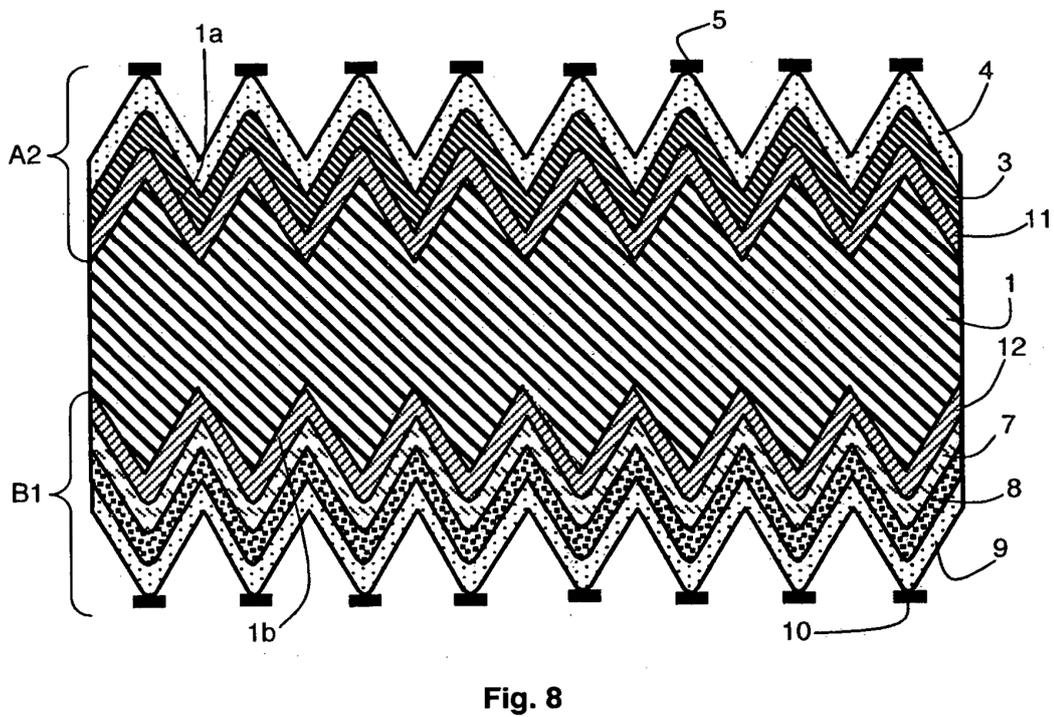
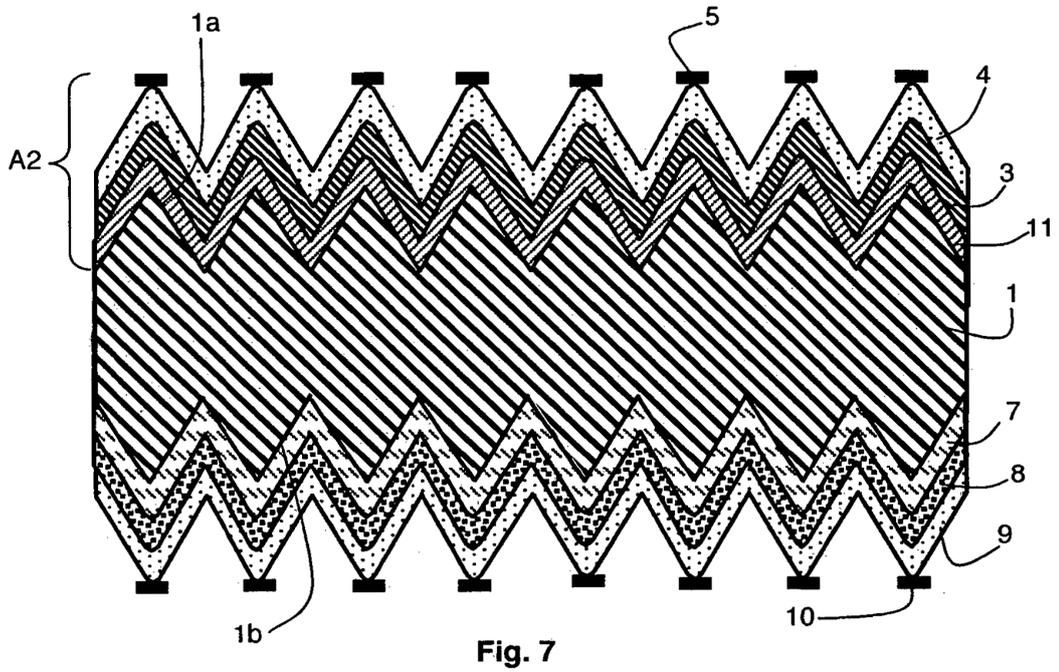


Fig. 6



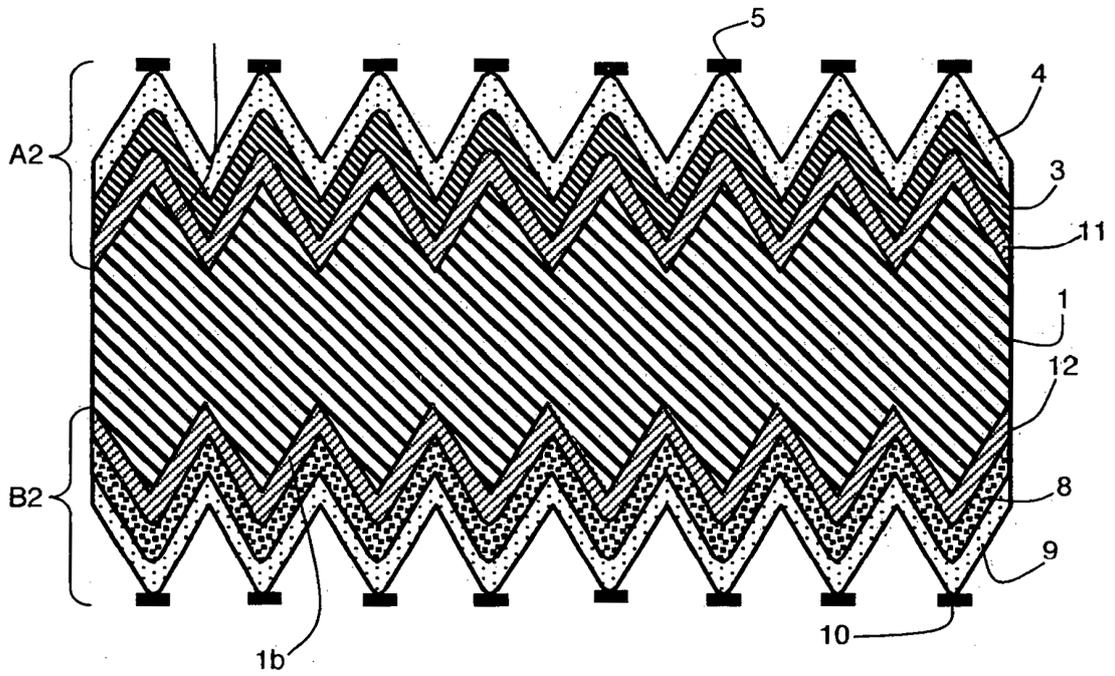


Fig. 9