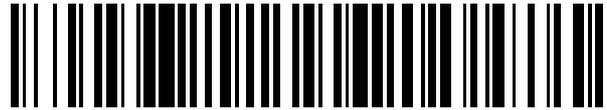


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 431 552**

51 Int. Cl.:

H01L 31/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.12.2005 E 05817521 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.07.2013 EP 1846957**

54 Título: **Procedimiento de fabricación de células fotovoltaicas**

30 Prioridad:

21.12.2004 FR 0453127

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

26.11.2013

73 Titular/es:

**SOLARFORCE (100.0%)
1, RUE DU DAUPHIN
38300 BOURGOIN JALLIEU, FR**

72 Inventor/es:

**BELOUET, CHRISTIAN y
REMY, CLAUDE**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 431 552 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

Procedimiento de fabricación de células fotovoltaicas

La presente invención tiene por objeto un procedimiento de fabricación de células fotovoltaicas sobre cintas o tiras de un material semiconductor, en particular silicio.

5 Para la fabricación de células fotovoltaicas a gran escala, muy especialmente para paneles solares, consiste una solución en utilizar una cinta de material compuesto conformada a partir de una cinta de carbono recubierta en sus dos caras con una capa de silicio policristalino. La cinta de carbono pasa en continuo por un baño de silicio fundido, preferentemente verticalmente. Al salir del baño, la cinta de carbono se cubre con una capa de silicio relativamente delgada en las dos caras de la cinta. Se obtiene así una cinta de material compuesto silicio/carbono/silicio. Este
10 procedimiento, denominado procedimiento "RST" (por Cinta de silicio sobre sustrato de carbono temporal), está descrito en varias patentes, por ejemplo FR 2386359, FR 2550965 o FR 2568490. Permite obtener capas de silicio de espesor tan pequeño como 50 μm . Sin embargo, estas delgadas capas son frágiles y, por tanto, difíciles de manipular. Por este motivo, las capas así fabricadas tienen espesores generalmente superiores a 150 μm .

15 Las cintas de material compuesto se cortan en obleas de material compuesto de tamaños pequeños (a título de ejemplo, 12,5 cm x 12,5 cm). Estas obleas son calentadas a continuación en un gas que contiene oxígeno a una temperatura cercana a 1000 °C con el fin de quemar la cinta de carbono. La operación, denominada "quemado", está descrita, por ejemplo, en la patente FR 2.529.189. Se obtienen así, a partir de cada oblea de material compuesto, dos delgadas obleas de silicio de iguales dimensiones que las obleas de material compuesto, es decir, de pequeñas dimensiones. Las obleas de silicio se someten a continuación a diversos tratamientos conducentes a la realización de células fotovoltaicas, siendo diferentes estos tratamientos según el tipo de células que se quiera fabricar. De manera general, después del quemado se procede a una desoxidación de las caras anterior y posterior, a la formación de uniones por difusión de un precursor sobre al menos una de las caras, a la deposición de una capa antirreflectante sobre la cara anterior y a las deposiciones de los contactos eléctricos.

20 Este procedimiento de fabricación de obleas es un procedimiento discontinuo, perfectamente adaptado a la fabricación de obleas de pequeñas dimensiones relativamente espesas (de espesores superiores a 150 μm), que se integra bien en la actual tecnología de fabricación de las células fotovoltaicas realizadas a partir de placas de silicio cristalino.

25 Se conoce asimismo, por el documento Moudda-Azzem T. et al. «Redes de dislocaciones inducidas mediante el dopaje con fósforo en el silicio policristalino (RAD)» Journal of Crystal Growth 83 (1987) 105-114, una cinta químicamente inerte sobre la cual se forma una capa doble de silicio, siendo dopadas dichas capas de silicio y luego separadas por quemado del soporte.

Sin embargo, con objeto de dotar de atractivo económico a la electricidad fotovoltaica obtenida por el sector del silicio cristalino, es deseable llevar a la práctica células fotovoltaicas muy delgadas (de espesores comprendidos entre 30 y 100 μm) y de alto rendimiento de conversión fotovoltaica.

35 En esta línea, el expresado procedimiento se confronta al problema crucial de la manipulación de placas delgadas, de espesores inferiores a 150 μm . En efecto, las múltiples manipulaciones de tales placas de grandes dimensiones, frágiles por delgadas y que presentan considerables tensiones residuales, a cadencias elevadas (superiores a 1000 unidades por hora), son una causa de degradación importante del rendimiento de fabricación.

40 La presente invención propone un procedimiento de fabricación de células fotovoltaicas según la reivindicación 1 que permite abaratar los costes de fabricación, aumentar el rendimiento de fabricación de las células y obtener células de grandes longitudes. El procedimiento es particularmente ventajoso para la realización de células de espesores muy pequeños, comprendidos entre 30 y 100 μm , pero es asimismo de aplicación a los mayores espesores.

45 De manera más precisa, la invención concierne a un procedimiento de fabricación de células fotovoltaicas según el cual al menos una capa de material semiconductor es depositada en continuo sobre una cinta de carbono para formar una cinta de material compuesto, teniendo dicha capa una cara libre opuesta a su cara en contacto con la cinta de carbono. De acuerdo con el procedimiento, se aplica al menos un tratamiento a la capa de material semiconductor, a partir de la cara libre, en vistas a realizar funciones fotovoltaicas de dichas células, seguido de la eliminación del depósito de material semiconductor sobre los flancos de la cinta de material compuesto, antes de la eliminación de la cinta de carbono para así poner al descubierto el canto de cinta de carbono, y la eliminación de la cinta de carbono, por quemado.

50 De acuerdo con una forma de puesta en práctica, el tratamiento comprende la creación de una pluralidad de zonas de contacto (determinantes de las bases de las células) mediante deposición de un material precursor sobre la cara libre, la cual constituye la cara posterior de dichas células, incluyendo el material precursor elementos dopantes, por ejemplo boro o fósforo, que mantienen el tipo de dopaje, n o p, de dicho material semiconductor.

55 De acuerdo con otra forma de puesta en práctica, el tratamiento comprende la creación de una pluralidad de zonas

- de unión (determinantes de los emisores de las células) mediante deposición de un material precursor sobre la cara libre, la cual constituye la cara posterior de dichas células, incluyendo el material precursor elementos dopantes, por ejemplo boro o fósforo, que cambian el tipo de dopaje del material semiconductor. El tratamiento puede comprender la creación de una pluralidad de zonas que aíslan eléctricamente dichas zonas de contacto (las bases) de dichas zonas de unión (los emisores), por ejemplo mediante deposición de un material oxidante sobre la cara libre.
- 5 De acuerdo con otra forma de puesta en práctica, el tratamiento comprende la creación de una pluralidad de zonas de unión mediante deposición de un material precursor sobre la cara libre, la cual constituye la cara anterior de dichas células, incluyendo dicho material precursor elementos dopantes, por ejemplo boro o fósforo, que cambian el tipo de dopaje del material semiconductor.
- 10 De acuerdo con otra forma de puesta en práctica, el tratamiento comprende la perforación de agujeros, por ejemplo mediante láser, en la capa de material semiconductor, sensiblemente perpendicularmente a dicha cara libre, atravesando los agujeros la capa de material semiconductor.
- De acuerdo con otra forma de realización, el tratamiento comprende la ablación del material semiconductor que recubre los flancos de la cinta de material compuesto, por ejemplo por ablación láser, por ablación láser asistida por chorro de agua o por decachado por plasma.
- 15 La cinta de carbono se elimina por quemado, tras la realización de al menos uno de los tratamientos anteriormente mencionados. La difusión de dopantes a partir de dicho material precursor en el material semiconductor se puede realizar en el transcurso del quemado de la cinta de carbono.
- La totalidad o parte de los tratamientos enumerados se pueden realizar en continuo. De manera alternativa, la cinta de material compuesto se puede cortar para conformar tiras de material compuesto de grandes longitudes, aplicándose el o los tratamientos a dichas tiras de material compuesto (por tanto, antes de la eliminación de la cinta de carbono). Las longitudes de dichas tiras están comprendidas, por ejemplo, entre 1,0 y 4,50 metros.
- 20 De acuerdo con una forma de puesta en práctica del procedimiento, se obtienen tiras de material semiconductor de grandes longitudes mediante eliminación del carbono de tiras de material compuesto cortadas de la cinta de material compuesto, y sobre dichas tiras de material semiconductor se efectúa al menos una de las siguientes operaciones: texturado de la cara anterior de las células fotovoltaicas, realización de zonas de unión, deposición de una capa antirreflectante sobre la cara anterior de las células, deposición de contactos eléctricos sobre las caras anterior y posterior de las células.
- 25 El material semiconductor es preferentemente silicio. El precursor está basado por ejemplo en óxido con carga de boro (en ocasiones con adición de aluminio) si se desea aumentar el dopaje de tipo p o con carga de fósforo si se desea aumentar el dopaje de tipo n. La cinta de material compuesto está fabricada ventajosamente por el procedimiento RST, comprendiendo ventajosamente la cinta dos capas de material semiconductor que rodean la cinta de carbono, teniendo cada una de las dos capas de material semiconductor una cara libre sobre la cual se aplican el o los tratamientos.
- 30 Otras ventajas y características de la invención se irán poniendo de manifiesto conforme avance la descripción subsiguiente de varias formas de realización, dadas a título de ejemplos no limitativos, con referencia al dibujo de la figura 1 (figura única), que representa esquemáticamente diferentes formas de puesta en práctica de la invención.
- 35 El ejemplo de puesta en práctica representado en la figura 1 recurre al procedimiento RST de obtención de placas delgadas de silicio policristalino, de espesor comprendido entre 250 y 50 μm . Según este procedimiento, una cinta de carbono 10, aproximadamente de espesor 220 μm y de ancho 12,5 cm, marcha en continuo, verticalmente, dentro de un baño de silicio fundido 12 contenido dentro de un bastidor de estiramiento 14. En la superficie del baño, cuando la cinta de carbono sale del baño de silicio, se depositan dos capas 16 y 18 de silicio policristalino adhiriendo sobre las dos caras de la cinta de carbono 10. El espesor de las capas de silicio depende en particular de la velocidad de marcha de la cinta dentro del baño, siendo el espesor tanto menor cuanto mayor sea la velocidad. A título de ejemplo, se pueden obtener espesores menores o iguales que 80 μm para una velocidad de marcha cercana a 10 cm/minuto. En la salida del baño, se obtiene una cinta de material compuesto 20 conformada a partir de dos capas delgadas 16 y 18 de silicio que rodean la cinta de carbono. La capa 16 posee una cara en contacto con la cinta de carbono 10 y una cara opuesta 22, llamada cara libre. Igualmente, la capa 18 posee una cara en contacto con la cinta de carbono 10 y una cara opuesta 24, llamada cara libre.
- 40 De acuerdo con la presente invención, directamente sobre la cinta de material compuesto se aplican uno o varios tratamientos, antes de la separación de las capas de silicio de la cinta de carbono, a partir de la cara libre 22 ó 24 de cada una de las dos capas de silicio. Por lo tanto, en la salida del bastidor de estiramiento 14, la cinta de material compuesto 20 (silicio/carbono/silicio) ya no es cortada en obleas elementales, que son tratadas a continuación individualmente para realizar las células fotovoltaicas. Por el contrario, según la invención, el máximo de operaciones que conducen a la célula fotovoltaica final se practican sobre la cinta de material compuesto 20 o sobre tiras de material compuesto de grandes longitudes, aprovechando el soporte que constituye la cinta de carbono.
- 45 50 55 Existen dos posibles variantes de puesta en práctica de la invención en la salida del bastidor de estiramiento.

5 De acuerdo con una primera variante, los tratamientos se efectúan sobre la cinta de material compuesto en continuo, alineando el máximo de operaciones hasta la fase de eliminación de la cinta de carbono. En la salida del bastidor de estiramiento 14, la cinta de material compuesto 20 es desviada 90° por medio de un rodillo 26 para pasar de una posición vertical a una posición horizontal. Esta variante tan sólo es posible si la cinta de material compuesto 20 es flexible en modo suficiente para ser desviada sin sufrir daños y, por tanto, si es escaso el espesor de las capas de silicio, por ejemplo menor o igual que 100 µm.

10 No obstante, esta variante implica, antes de curvar la cinta, eliminar el depósito de silicio sobre los flancos de la cinta de material compuesto según la reivindicación 1 con el fin de reducir el radio de curvatura de la cinta a valores aceptables a efectos prácticos, por ejemplo inferiores a aproximadamente 0,5 m. Este tratamiento se puede llevar a cabo por ablación láser, por ablación láser asistida por chorro de agua, por plasma o cualquier otra solución apropiada. En cualquier caso, pone al descubierto el canto de la cinta de carbono. Esta operación se realiza también en otras variantes de puesta en práctica, pero puede ser efectuada más tarde en el proceso de fabricación, si bien a lo sumo antes de la eliminación de la cinta de carbono. El radio de curvatura de la cinta aún se puede disminuir aplicando una película de polímero adherente y amovible sobre la cara exterior de la cinta (en la extensión) en toda la longitud curvada y en particular en la proximidad del canto de corte. Tras la desviación, se envía la cinta de material compuesto hacia una cámara 28 para someterse en ella a diferentes tratamientos en continuo.

20 De acuerdo con una segunda variante de puesta en práctica, la cinta de material compuesto es cortada en tiras 36 de grandes longitudes L, típicamente de 1,0 a 4,5 m. Esta variante es muy conveniente para espesores más grandes de silicio, típicamente por encima de 100 a 150 µm, en particular para espesores cercanos a 200 µm. Esta variante de puesta en práctica también se escoge cuando las velocidades óptimas de tratamiento de una estación de tratamiento a otra no son compatibles entre sí o implican una pérdida de productividad global del procedimiento. Las tiras de material compuesto 36, eventualmente procedentes de varios bastidores de estiramiento 14 que funcionan en paralelo, se ubican a continuación en la cámara 28 para ser tratadas en ella.

25 En esta cámara 28, las capas de silicio de la cinta de material compuesto 20 o de las tiras de material compuesto 36 de grandes longitudes L son objeto de uno o de varios tratamientos tradicionales a partir de sus caras libres 22 y 24, en vistas a realizar funciones fotovoltaicas de las células, antes de la eliminación de la cinta de carbono. Las caras libres constituirán las caras anterior o posterior de las células según el o los tratamientos aplicados. Estos tratamientos tienen como finalidad crear zonas de uniones y/o zonas de contactos y/o zonas destinadas a aislar eléctricamente las anteriores. Las zonas de unión y de contacto se realizan por ejemplo a partir de un material precursor con carga de elementos dopantes depositado en lugares determinados de las caras libres. También se pueden perforar agujeros mediante láser en las capas de silicio, que atraviesan por completo las capas, con el fin de brindar conexiones eléctricas entre zonas de unión en la cara anterior y en la cara posterior de las células fotovoltaicas, cuando las células que han de realizarse son del tipo MWT (Metallisation Wrap Through) y/o para mejorar la etapa siguiente de eliminación de la cinta de carbono. Los agujeros se realizan antes de la creación de las zonas de unión.

35 Se aprecia que la cinta de carbono, durante esos tratamientos, actúa como un soporte pero también como una barrera de difusión.

40 La siguiente operación consiste, simultáneamente, en eliminar la cinta de carbono y difundir el o los dopantes del o los precursores en el material semiconductor. Para ello, la cinta de material compuesto 20 penetra en continuo en un horno abierto 30. De manera alternativa, ésta puede ser cortada en la salida de la cámara 28 en tiras de material compuesto de grandes longitudes, por ejemplo de 1,5 a 4,5 m. Estas tiras, así como eventualmente las tiras 36 procedentes de la cámara 28, son reunidas en el horno 30 para en él someterse a un tratamiento de conjunto, lo cual reduce los costes. La eliminación de la cinta de carbono se efectúa a alta temperatura (cercana a 1000 °C) por oxidación, a partir de los flancos de la cinta de carbono (despojados del depósito de silicio) y, eventualmente, a partir de los agujeros penetrantes (ya presentes para las estructuras MWT), mediante traslado continuo al horno 30. En este procedimiento de eliminación de la cinta de carbono, las capas de silicio son separadas para dar tiras de silicio 38 autosustentadas. El perfil de temperatura en el horno de quemado 30, su longitud y la velocidad de traslado de la cinta de material compuesto 20 o de las tiras de material compuesto 36 se optimizan para brindar una óptima difusión de los dopantes en las zonas de uniones y de contactos metálicos depositadas dentro de la cámara 28 y para obtener una satisfactoria cinética de quemado de la cinta de carbono. En cualquier caso, el ancho de la cinta, la composición en dopante de las películas precursoras de difusión, el tiempo y la temperatura de quemado son parámetros interdependientes que se optimizan en un contexto global que tiene en cuenta la productividad del procedimiento y el rendimiento de conversión de las células fotovoltaicas.

50 Las tiras de silicio 38 procedentes del quemado son elementos continuos (procedimiento continuo), por ejemplo de un centenar de metros de largo, o tiras de silicio de varios metros. Estas tiras son flexibles y susceptibles, en cuanto a las tiras delgadas, de ser enrolladas/desenrolladas para todas las operaciones posteriores que completan la fabricación de las células fotovoltaicas. Estas operaciones, representadas simbólicamente por un rectángulo 32, son convencionales y bien conocidas por el experto en la materia. Se efectúan convencionalmente sobre obleas de pequeñas dimensiones, mientras que, según la invención, se efectúan sobre tiras de grandes longitudes. Incluyen la desoxidación de la cara de la tira de silicio opuesta a la cara libre (por ejemplo, por plasma a presión atmosférica), la realización sobre esta cara de uniones n⁺/p o p⁺/n mediante difusión (caso de la célula fotovoltaica tradicional y de

las células MWT) y/o la deposición de una capa de pasivación SiN_x , las deposiciones de los contactos eléctricos (por ejemplo mediante técnicas de serigrafía o de impresión por chorro) y los tratamientos térmicos finales.

5 Las tiras de silicio de grandes longitudes se cortan a continuación en células fotovoltaicas elementales a las dimensiones que interesan (operación representada por el rectángulo 34). Estas pueden ser de grandes longitudes, como máximo las longitudes de las tiras de silicio. Este recorte tan sólo se efectúa en el momento de la implantación en módulo.

Se van a describir ahora dos ejemplos de tratamientos sucesivos asumiendo que la cinta de material compuesto silicio/carbono/silicio 20 procedente del bastidor de estiramiento 14 ha sido cortada en tiras de material compuesto de grandes longitudes L, por ejemplo cercanas a 2 m.

10 Ejemplo 1:

Este ejemplo concierne a una estructura clásica de célula fotovoltaica de silicio que comprende los siguientes elementos sucesivos, partiendo de la cara anterior hacia la cara posterior de la célula: contacto eléctrico, capa antirreflectante, zona de unión o emisor ($n+/p$ en caso de silicio dopado p o $p+/n$ en caso de silicio dopado n), capa de silicio, zona de contacto posterior o base (que de hecho es una unión $p+/p$ si el silicio es dopado p o $n+/n$ si el silicio es dopado n) y contacto eléctrico. De manera general para este tipo de células, las zonas de contacto anteriormente definidas van siempre ubicadas en la cara posterior (base) y con igual tipo de dopaje, n o p, que el silicio, y el tipo de dopaje de las zonas de unión es opuesto al tipo de dopaje del silicio. El espesor de tal estructura es típicamente de 200 μm .

20 Sobre las dos caras libres de las tiras de material compuesto, que determinarán las caras posteriores de las células fotovoltaicas, se aplica un material precursor para formar una pluralidad de zonas de contacto. El precursor está basado, por ejemplo, en óxido con carga de boro (en ocasiones con adición de aluminio) si se desea aumentar el dopaje de tipo p, o con carga de fósforo, si se desea aumentar el dopaje de tipo n. El silicio que recubre los flancos de las tiras de material compuesto se retira mediante láser, antes o después de la deposición del material precursor. Con objeto de facilitar la etapa siguiente de quemado del carbono, ocasionalmente se pueden perforar agujeros en las capas de silicio.

Las tiras de material compuesto pasan a continuación a un horno para eliminar la cinta de carbono por quemado, por una parte, obteniendo así unas tiras de silicio de grandes longitudes y, por otra, para difundir el dopante del precursor en el silicio con el fin de crear los contactos $p+/p$ o $n+/n$.

30 Sobre estas grandes tiras de silicio, a continuación se crea, mediante difusión en fase gaseosa o a partir de un precursor con carga de fósforo o de boro, una pluralidad de uniones $n+/p$ o $p+/n$ sobre las caras anteriores de las células previamente desoxidadas (mediante tratamiento por plasma a presión atmosférica, por ejemplo). Se desoxidan las caras anterior y posterior, se deposita una capa antirreflectante sobre la cara anterior, se depositan los contactos eléctricos sobre las caras anterior y posterior (por ejemplo por serigrafía o impresión por chorro), se recuecen los contactos, se cortan las tiras a las dimensiones que interesan (por corte con láser o por corte parcial seguido de un tronzado) y se encapsulan las células.

Ejemplo 2:

40 Este ejemplo concierne a una estructura de célula fotovoltaica del tipo MWT que está bien adaptada a los pequeños espesores de silicio, por ejemplo inferiores a 200 μm . Esta estructura incluye en la cara anterior, además de una capa antirreflectante, unas estrechas líneas conductoras, depositadas sobre zonas de uniones $n+/p$ (emisor de la célula) si el silicio es de tipo p y $p+/n$ si el silicio es de tipo n. Sobre la cara posterior de las células, unas zonas de uniones, idénticas a las uniones de la cara anterior, alternan con zonas de contactos $p+/p$ (análogas a las de la base de la célula tradicional) si el silicio es de tipo p y $n+/n$ si el silicio es de tipo n. Las zonas de uniones y las zonas de contactos, denominadas emisor y base, se hallan separadas por zonas o «surcos» eléctricamente aislantes (zonas oxidadas). Unos agujeros penetrantes, cuyas paredes están dopadas como las zonas de unión de la cara anterior de las células, se encargan de la conexión eléctrica entre las uniones de la cara anterior y las zonas de uniones de la cara posterior. Sobre estas últimas es donde se toman los contactos eléctricos del emisor «restituido» a la cara posterior en virtud de los agujeros penetrantes.

50 Sobre las caras libres de las tiras de material compuesto, que serán las caras posteriores de las células, se deposita un material precursor basado en óxido de boro al objeto de crear las zonas de contacto $p+/p$ de la base (con silicio de tipo p), eventualmente sobre toda la cara libre. Seguidamente, mediante ablación láser o cualquier otra técnica, se decapa la superficie para no dejar el precursor más que en los lugares en los que se quiere crear las zonas de contacto de la base. Se deposita a continuación una película de óxido SiO_x , por ejemplo sobre toda la superficie libre, incluyendo sobre la zona anteriormente decapada. En el interior de esta última, se realizarán con posterioridad las zonas de unión $n+/p$ (continuidad del emisor) y las zonas aislantes. Para ello, mediante un segundo ataque, por ejemplo por ablación láser o cualquier otra técnica, se elimina la capa de SiO_x únicamente sobre la fracción de la superficie libre destinada a recibir las zonas de uniones $n+/p$ (continuidad del emisor). A continuación se perforan agujeros en las capas de silicio en el interior de estas zonas de unión $n+/p$. Las zonas $n+/p$ y las paredes de los agujeros se recubren a continuación con un material precursor basado en óxido de fósforo ($n+$) depositado por

- ejemplo por medio de un aerosol. En este estadio, se han realizado las zonas de contacto p+/p (recubiertas de SiOx), las zonas de uniones n+/p y las zonas recubiertas por una capa de SiOx que aíslan las zonas de contacto y las zonas de unión. La forma de realización de las zonas de uniones y de contactos de la base no es exhaustiva. Son también aplicables técnicas de deposición de los precursores por serigrafía. El silicio depositado sobre los bordes de las tiras de material compuesto es eliminado.
- Seguidamente se quema la cinta de carbono en un horno, separando las dos capas de silicio de cada tira de material compuesto. La elevación de temperatura permite asimismo difundir los dopantes de los precursores en el silicio para terminar de crear las uniones y los contactos. Si los precursores se han depositado por serigrafía, esta etapa permite oxidar y pasivar las zonas que separan físicamente las zonas de uniones y de contactos de la base sobre las caras libres. Las siguientes etapas se efectúan entonces sobre tiras de silicio de grandes longitudes.
- La cara anterior de las células (cara que se hallaba enfrentada al carbono) es desoxidada y eventualmente texturada con objeto de aumentar la eficiencia de las células.
- Tras la realización de las zonas de unión sobre esta cara, se deposita también sobre la cara anterior una capa antirreflectante. A continuación se realizan los contactos eléctricos sobre la cara anterior (emisor) y sobre la cara posterior (continuidad de emisor y de base alternados). Las tiras de silicio así equipadas son cortadas finalmente a las dimensiones que interesan para las células fotovoltaicas y encapsuladas.
- Son numerosas las ventajas proporcionadas por la presente invención. En primer lugar, se conservan las ventajas debidas a la presencia de la cinta de carbono en la cinta de material compuesto:
- La deposición continua de una película de silicio plana, cuyo espesor se puede ajustar entre 300 µm y 50 µm sobre cada cara opuesta del sustrato de carbono,
 - La flexibilidad de la tira de material compuesto en la salida del bastidor de estiramiento cuando es pequeño el espesor de las películas de silicio,
 - La protección de la cara de las películas de silicio en contacto con el carbono hasta la fase de separación de estas películas de la cinta de carbono,
 - La posibilidad de texturar fácilmente y en continuo la superficie de las películas en contacto con el carbono.
- Además, la invención proporciona una reducción del coste de fabricación de las células fotovoltaicas delgadas o espesas mediante la puesta en práctica de un procedimiento de fabricación continuo, o prácticamente continuo, con tiras de grandes longitudes, automatizable, por oposición al procedimiento tradicional cuyas diversas operaciones se realizan sobre obleas de pequeñas dimensiones que deben ser manipuladas muchas veces. El rendimiento de fabricación de las células fotovoltaicas muy delgadas es más elevado que mediante el procedimiento tradicional, en particular por la presencia de la cinta de carbono que sirve de soporte para los tratamientos efectuados antes de la operación de quemado, soporte este que disminuye los riesgos de rotura.
- Se pueden obtener asimismo células fotovoltaicas de grandes longitudes, adaptadas al tamaño del módulo fotovoltaico, flexibles y con contactos coplanarios en la cara posterior. Estas células delgadas pueden ser ocasionalmente curvadas. El rendimiento de conversión fotovoltaica de las células es elevado, comparado con el de las células tradicionales, en virtud del pequeño espesor de las capas de silicio y de la posibilidad de fabricar células de tipo IBC (Interdigitated Back Contact) con contactos "interdigitados" o entrelazados trasladados a la cara posterior (al no tener ya contactos eléctricos la cara anterior de las células, toda la superficie anterior es utilizada para recibir la luz incidente).
- Las formas de realización descritas utilizan cintas de material compuesto obtenidas mediante el procedimiento RST. Es evidente para el experto en la materia que, por una parte, se puede depositar tan sólo una única capa de silicio sobre la cinta de carbono y, por otra, se pueden utilizar eventualmente otros procedimientos como la deposición en fase de vapor que permite obtener una capa delgada (eventualmente continua) de silicio de gran anchura (por ejemplo 30 cm) depositada sobre un sustrato, tal como una cinta de carbono, fácilmente eliminable. Igualmente, los ejemplos que se dan conciernen a capas delgadas de silicio. El estiramiento horizontal sobre un sustrato de carbono a partir de un baño fundido es otro ejemplo de procedimiento de deposición de una capa de silicio, relativamente espesa (200 µm o más), sobre una sola cara.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de fabricación de células fotovoltaicas que comprende las siguientes etapas:
 - 5 - fabricar una cinta de material compuesto (20) depositando en continuo dos capas (16, 18) de material semiconductor que rodean una cinta de carbono (10), pasando la cinta de carbono por un baño de material semiconductor fundido, teniendo respectivamente cada una de las dos capas de material semiconductor una cara libre (22, 24) opuesta a su cara en contacto con la cinta de carbono,
 - aplicar al menos un tratamiento (28) a partir de la cara libre (22, 24) de al menos una de dichas capas de material semiconductor, en vistas a realizar funciones fotovoltaicas de dichas células sobre dicha capa, antes de la eliminación de la cinta de carbono (10),
 - 10 - eliminar el depósito de material semiconductor sobre los flancos de la cinta de material compuesto, antes de la eliminación de la cinta de carbono, para así poner al descubierto el canto de la cinta de carbono y
 - eliminar por quemado la cinta de carbono (10).
2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** dicho tratamiento comprende la creación de una pluralidad de zonas de contacto mediante deposición de un material precursor sobre dicha cara libre (22, 24), la cual constituye la cara posterior de dichas células, incluyendo dicho material precursor elementos dopantes que mantienen el tipo de dopaje, n o p, de dicho material semiconductor.
- 15 3. Procedimiento según una de las anteriores reivindicaciones, **caracterizado por que** dicho tratamiento comprende la creación de una pluralidad de zonas de unión mediante deposición de un material precursor sobre dicha cara libre (22, 24), la cual constituye la cara posterior de dichas células, incluyendo dicho material precursor elementos dopantes que cambian el tipo de dopaje del material semiconductor.
- 20 4. Procedimiento según las reivindicaciones 2 y 3, **caracterizado por que** dicho tratamiento comprende la creación de una pluralidad de zonas que aíslan eléctricamente dichas zonas de contacto de dichas zonas de unión.
5. Procedimiento según la reivindicación 4, **caracterizado por que** dichas zonas aislantes son creadas mediante deposición de un material oxidante sobre dicha cara libre (22, 24).
- 25 6. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** dicho tratamiento comprende la creación de una pluralidad de zonas de unión mediante deposición de un material precursor sobre dicha cara libre (22, 24), la cual constituye la cara anterior de dichas células, incluyendo dicho material precursor elementos dopantes que cambian el tipo de dopaje del material semiconductor.
- 30 7. Procedimiento según una de las anteriores reivindicaciones, **caracterizado por que** dicho tratamiento comprende la perforación de agujeros en dicha capa de material semiconductor, sensiblemente perpendicularmente a dicha cara libre (22, 24), atravesando dichos agujeros dicha capa (16, 18) de material semiconductor.
8. Procedimiento según la reivindicación 7, **caracterizado por que** dicha perforación se efectúa mediante láser.
9. Procedimiento según una de las anteriores reivindicaciones, **caracterizado por que** dicho tratamiento comprende la ablación del material semiconductor que recubre los flancos de dicha cinta de material compuesto.
- 35 10. Procedimiento según la reivindicación 9, **caracterizado por que** dicho material semiconductor se retira mediante uno de los siguientes procedimientos: ablación láser, ablación láser asistida por chorro de agua, ablación por plasma.
- 40 11. Procedimiento según la reivindicación 1 y una de las reivindicaciones 2, 3 y 6, **caracterizado por que** la difusión del o los dopantes del precursor en dicho material semiconductor se realiza en el transcurso del quemado de dicha cinta de carbono.
12. Procedimiento según una de las anteriores reivindicaciones, **caracterizado por que** dicho tratamiento se realiza en continuo.
- 45 13. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 11, **caracterizado por que** dicha cinta de material compuesto (20) se corta para conformar tiras de material compuesto (36, 38) de grandes longitudes (L), aplicándose dicho tratamiento a dichas tiras de material compuesto.
- 50 14. Procedimiento según las reivindicaciones 11 y 13, **caracterizado por que** se obtienen tiras de material semiconductor de grandes longitudes mediante eliminación del carbono de dichas tiras de material compuesto (36, 38) y **po rque** sobre dichas tiras de material semiconductor se efectúa al menos una de las siguientes operaciones: texturado de la cara anterior de las células fotovoltaicas, realización de zonas de unión, deposición de una capa antirreflectante sobre la cara anterior de las células, deposición de contactos eléctricos sobre las caras anterior y posterior de las células.

15. Procedimiento según la reivindicación 13 ó 14, **caracterizado porque** las longitudes de dichas tiras están comprendidas entre 1,0 y 4,50 metros.
16. Procedimiento según una de las anteriores reivindicaciones, **caracterizado porque** dicho material semiconductor es silicio.
- 5 17. Procedimiento según una de las reivindicaciones 2, 3 y 6, **caracterizado porque** dicho material precursor está basado en óxido con carga de boro si se desea aumentar el dopaje de tipo p o con carga de fósforo si se desea aumentar el dopaje de tipo n.
18. Procedimiento según las reivindicaciones 1 y 16, **caracterizado porque** dicha operación (32) se aplica sobre tiras de silicio procedentes del quemado.
- 10 19. Procedimiento según una de las anteriores reivindicaciones, **caracterizado porque** además comprende la etapa consistente en aplicar al menos una operación (32) sobre la cara de al menos una de dichas capas de material semiconductor, opuesta a la cara libre (22, 24), después de la eliminación de la cinta de carbono (10), completando dicha operación la fabricación de las células fotovoltaicas.
- 15 20. Procedimiento según una de las anteriores reivindicaciones, **caracterizado porque** la eliminación de la cinta de carbono se efectúa desde los flancos de la cinta de carbono despojados del depósito de material semiconductor.

