



(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 351 034**

(51) Int. Cl.:
H01L 31/0236 (2006.01)
H01L 31/06 (2006.01)
H01L 31/18 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(96) Número de solicitud europea: **99957710 .9**
(96) Fecha de presentación : **08.11.1999**
(97) Número de publicación de la solicitud: **1142031**
(97) Fecha de publicación de la solicitud: **10.10.2001**

(54) Título: **Célula solar de silicio de capa fina sobre vidrio con una capa de textura de dióxido de silicio y método de fabricación.**

(30) Prioridad: **06.11.1998 AU PP6997**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
31.01.2011

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
31.01.2011

(73) Titular/es: **CSG SOLAR AG.**
Leibnizstrasse 49
10629 Berlin, DE

(72) Inventor/es: **Ji, Jing, Jia y**
Shi, Zhengrong

(74) Agente: **Martín Santos, Victoria Sofía**

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).

**CÉLULA SOLAR DE SILICIO DE CAPA FINA SOBRE VIDRIO CON UNA CAPA
DE TEXTURA DE DIÓXIDO DE SILICIO Y MÉTODO DE FABRICACIÓN**

DESCRIPCIÓN

5

Introducción

La presente invención se refiere en general a unos dispositivos fotovoltaicos de película fina y en particular la invención proporciona una estructura y un método para formar la estructura para que las células de película fina consigan la retención la luz en estas células.

Antecedentes de la invención

El uso de la retención de luz es bien conocido en las células de silicio monocristalino donde las características de retención de luz en la superficie de la célula tiene unas dimensiones mucho menores que el espesor del sustrato de silicio del dispositivo y significativamente mayores que la longitud de onda de la luz en el aire.

En las células solares, se utiliza la dispersión de luz para atrapar la luz en la zona activa de la célula. Cuanta más luz se atrapa en la célula, mayor será la fotocorriente que pueda generarse lo que conduce a una mayor eficiencia. Por lo tanto, la retención de luz es una cuestión importante al tratar de mejorar la eficiencia de las células solares y es particularmente importante en el diseño de células de película fina.

Sin embargo se ha creído ampliamente que en los dispositivos de película fina donde las capas de silicio activas son películas finas formadas sobre un sustrato como el vidrio, la retención de la luz no sería posible o al menos mostraba una efectividad reducida. Esto se debe a que los espesores de película son del mismo orden de magnitud o más delgados que la dimensión de las características de retención de la luz en los dispositivos monocristalinos conocidos. Como los espesores de los dispositivos de película fina se reducen, tienden a unos recubrimientos conformables con unas superficies predominantemente paralelas sobre la superficie grabada del sustrato de vidrio y la creencia convencional sería que una disposición de este tipo no logra unas ventajas significativas de la retención de la luz. Además, como los espesores de película se reducen hasta el orden de una longitud de onda (en el aire) o más, la creencia convencional es que los mecanismos para proporcionar la retención de la luz en los dispositivos de la técnica anterior dejarían de ser efectivos.

Esto se confirma en los dispositivos células solares de silicio amorfo de película fina de la técnica anterior donde no se hizo ningún intento deliberado de texturación. Los dispositivos de silicio amorfo de hoy día comprenden por lo general un sustrato de vidrio sobre el cual se pone una capa de contacto de óxido conductor transparente (TCO) y una capa activa de película de silicio amorfo fina (1µm) que incluye una unión p-n y una capa metálica trasera que actúa como un reflector y contacto posterior. Cuando tales estructuras fueron ideadas por primera vez se observó que en algunas circunstancias (cuando la superficie de TCO estaba empañada) el rendimiento de la célula era mayor de lo esperado pero la literatura no ofrecía ninguna explicación sobre la razón de tales resultados inesperados.

Se ha puesto de manifiesto para los presentes inventores que la retención de la luz es posible en dispositivos de película fina y los dispositivos de silicio amorfo de la técnica anterior mostraban de hecho una característica que los presentes inventores ya han identificado y han adaptado a las células de película fina de silicio cristalino. Para la invención es fundamental darse cuenta de que la longitud de onda de la luz de una frecuencia dada es diferente en el silicio y en el aire.

Los presentes inventores ya han identificado las circunstancias bajo las cuales puede lograrse la retención de la luz en películas finas y en particular los inventores han ideado unos métodos para fabricar estructuras de células solares de silicio cristalino de película fina que muestran características de retención de la luz.

Los métodos para lograr la retención de la luz ideados por los presentes inventores implican generalmente texturizar una superficie del sustrato en la que se forma la película fina. Convencionalmente, las texturas del vidrio se hacen mediante texturación química y la aplicación de la técnica de chorro de arena. Recientemente, se han utilizado depósitos de cristal de metal en la superficie de un sustrato para formar cristales muy finos para producir un efecto de textura.

Sin embargo, tanto la texturación química como la aplicación de la técnica de chorro de arena provocan grietas y un tamaño de característica no uniforme en la superficie de vidrio, cada uno de los cuales puede perjudicar el rendimiento y/o la fabricación de las células solares, provocando la derivación en los dispositivos. Se da por hecho que es por ello que al parecer no hay informes sobre el logro de la fabricación de células solares de alta eficiencia sobre sustratos texturizados químicamente o a los que se ha aplicado la técnica del chorro de arena. Además, el método utilizado para llevar a cabo el texturizado químico también produce unos productos de desecho peligrosos para el medio ambiente y que por lo tanto representan un riesgo de contaminación grave. Por otra parte, el uso de cristales de

metal finos para formar una superficie con textura es un método caro y se añade significativamente al costo de las células solares fabricadas utilizando esta técnica.

JP 06-097475 describe los diversos métodos para formar películas con textura sobre un sustrato en una célula solar de silicio amorfo, que incluye un método que implica aplicar una solución de sílice que contiene materiales en grano al sustrato y endurecer la solución. La solución de sílice se endurece para formar una capa cuyo espesor es generalmente significativamente mayor que el tamaño de los materiales de grano, lo que lleva a unas características de textura superficial pequeña. Las características de textura superficial, sin embargo, son significativamente mayores (aproximadamente cinco veces) que el espesor de una película de silicio que se forma en la parte superior.

FR-A-2.694.451 describe diversos diseños de células solares, que incluyen determinadas estructuras en las que se proporciona un material coloidal entre un electrodo transparente y un material semiconductor adyacentes con el fin de crear una superficie con una gran área de superficie. El material coloidal forma una capa conductora, y las partículas coloidales en la misma son muy pequeñas (y deben aglomerarse).

JP 63-119275 describe una célula solar en la que se proporcionan unas partículas semiesféricas en una película de SiO_2 en la interfaz entre un sustrato de película de poliéter sulfona y una capa activa de Si con el fin de mejorar la unión del sustrato a la capa activa.

JP 02-180081 describe una célula solar de silicio amorfo en la que se forma una película de SiO_2 sobre un sustrato de metal y que incluye unas partículas finas de un tamaño absoluto que se seleccionan a fin de que la superficie desigual de la capa de SiO_2 disperse la luz que incide sobre la misma desde el lateral alejado del sustrato de metal.

JP 01-106472 describe una célula solar en la que se depositan partículas de SiO_2 en la interfaz entre un electrodo transparente y una capa semiconductor y la luz que pasa por el electrodo transparente es dispersada por la incidencia en estas partículas de SiO_2 .

Resumen de la invención

La presente invención proporciona un método para formar una estructura de retención de la luz en una célula solar de silicio de película fina formada sobre un sustrato de vidrio o sustrato, incluyendo el método las etapas de:

a) aplicar una capa de texturación a una superficie del sustrato de vidrio o sustrato, comprendiendo la capa de texturación unas partículas de texturación retenidas en una matriz de unión, aplicándose la capa de texturizado mediante la preparación de un vidrio Sol-Gel de SiO_2 que contiene partículas de texturizado de

SiO₂, aplicando el vidrio Sol-Gel a la superficie del sustrato o sustrato de manera que el espesor de la película de vidrio después de ser aplicada es inferior a un diámetro promedio de las partículas de texturación;

b) calentar el vidrio Sol-Gel para sinterizarlo, mediante lo cual después de sinterizar el sol-gel se convierte en una capa dieléctrica de SiO₂;

c) formar una capa de barrera conformable fina, en la que el material de la capa de barrera es nitrato de silicio con un espesor de 70 nm $\pm$ 20%.

d) formar una película de silicio sobre la capa de barrera en la superficie con textura, en la que la película de silicio es inferior a 10 μ m de espesor; y

e) formar una estructura de dispositivo fotovoltaico en la película de silicio.

La presente invención proporciona adicionalmente un dispositivo fotovoltaico de película fina que incorpora una estructura de retención de la luz, en el que el dispositivo fotovoltaico se forma en una superficie con textura proporcionada sobre un sustrato de vidrio o sustrato, comprendiendo el dispositivo fotovoltaico una capa de silicio fina en la que se forma al menos una unión fotovoltaica pn, siendo la película de silicio inferior a 10 μ m de espesor y proporcionándose la superficie con textura mediante una capa de texturación dieléctrica de SiO₂ formada como un vidrio sol-gel endurecido, situada sobre una superficie del sustrato o sustrato, y sobre la que se forma una capa de barrera conformable fina, comprendiendo la capa de texturación dieléctrica partículas de texturación de SiO₂ retenidas en una matriz de unión de película de vidrio de SiO₂ con un espesor inferior a un diámetro promedio de las partículas de texturación, comprendiendo la capa de barrera conformable fina una capa de material de nitrato de silicio con un espesor de 70 nm $\pm$ 20%.

La invención es aplicable a células solares de silicio amorfo y cristalino. En el caso de las células de silicio amorfo, se forma una película de silicio fina sobre una capa de TCO, o de manera alternativa la película de texturación que contiene las propias partículas de texturación pueden ser de un material de TCO.

La película de silicio es por lo general menor que 5 μ m de espesor y preferentemente tiene un espesor igual o inferior a 2 μ m. La película de silicio es por lo general de menos de 0,5 μ m o mayor y preferentemente superior a 1 μ m. Por lo general, la escala de las características de la superficie con textura está en el intervalo de 0,01-10 μ m. El límite inferior útil de la característica de tamaño está en el orden de una longitud de onda de la luz en el silicio cristalino y por lo general el límite inferior útil es de 0,05 μ m. La

texturación también puede incluir características de gran escala que tienen dimensiones mayores que el espesor de la película de silicio.

En un conjunto de formas de realización, se aplica una capa con textura a la superficie del vidrio mezclando cuarzo triturado con unas dimensiones de partícula en el orden de $0,5\text{-}3\mu\text{m}$ y preferentemente en el orden de $1\text{-}2\mu\text{m}$ en un vidrio sol, aplicando la mezcla a la superficie del vidrio y calentado hasta sinterizar el vidrio sol para formar una capa dieléctrica. Hay que reseñar que la característica de dimensión final de la superficie en este caso incluye unas características bastante pequeñas, estando determinadas en gran medida por la rugosidad de la superficie del cuarzo triturado y el espesor de la capa dieléctrica, así como el tamaño de las partículas del cuarzo.

En unas formas de realización preferentes de la invención, la texturación del sustrato o sustrato se consigue mediante una capa de SiO_2 que incluye partículas de SiO_2 monosféricas en el intervalo de $0,1\text{-}2\mu\text{m}$ de diámetro. Preferentemente, las partículas monosféricas están en el intervalo de $0,5\text{-}0,9\mu\text{m}$ y en una forma de realización particularmente preferente, las partículas son de aproximadamente $0,7\mu\text{m}$ (p. ej., $0,65\text{-}0,75\mu\text{m}$). Las partículas se encuentran en una película lisa de SiO_2 con un espesor en el intervalo de $0,2\text{-}0,8$ veces el diámetro de las partículas monosféricas. Preferentemente, la capa de SiO_2 está en el intervalo de $0,35\text{-}0,5$ veces el diámetro de las partículas y en la forma de realización particularmente preferente, es de aproximadamente $0,3\mu\text{m}$ (p. ej., $0,25\text{-}0,35\mu\text{m}$). La diferencia entre la dimensión de las partículas y el espesor de la película resulta en una superficie con textura, sin embargo en este caso las características pueden estar mucho más espaciadas ya que son mayores. Las partículas de SiO_2 y la película están hechas mediante un proceso de Sol-Gel.

La capa de SiO_2 también proporciona una capa de barrera entre el sustrato de vidrio y la película de silicio. Una capa de barrera aparte actúa como capa antirreflectante y se dispondrá para tener un espesor igual a una cuarta parte de la longitud de onda $\pm 20\%$ que en el caso del nitruro de silicio es de $70\text{ nm} \pm 20\%$.

En unas formas de realización típicas de la invención la superficie posterior de la estructura de la película de silicio (es decir, alejada del vidrio) tiene un material reflectante formado sobre la misma. Por lo general, el material reflectante será una estructura de metalización utilizada para poner en contacto las zonas activas de la célula. La estructura de metalización estará en algunas formas de realización, separada de la mayor parte de la superficie posterior del silicio por una capa aislante.

Breve descripción de los dibujos

A continuación se describirán las formas de realización de la invención a modo de ejemplo, con respecto a los dibujos adjuntos en los que:

Las figuras 1 y 2 ilustran esquemáticamente dos fases en la formación de una primera forma de realización de la invención en las que se aplica una capa con textura al sustrato:

Las figuras 3, 4 y 5 ilustran esquemáticamente tres fases en la formación de una segunda forma de realización de la invención en las que se aplica una capa con textura diferente al sustrato;

La figura 6 es una vista en perspectiva de una superficie con textura de acuerdo con el método descrito con respecto a las Figuras 3, 4 y 5;

La figura 7 es una fotografía de una sección a través de un dispositivo fabricado mediante el método descrito con respecto a las Figuras 3, 4 y 5;

La figura 8 es una vista en sección transversal lateral de un sustrato de vidrio con una capa dieléctrica (SiO_2) con textura y una fina película de silicio formada sobre su superficie, que ilustra unas trayectorias representativas de los fotones que inciden a través del sustrato de vidrio, la capa de texturación y la capa de silicio;

Descripción detallada de las formas de realización de la invención

Se forma una célula solar de silicio de película fina sobre un sustrato de vidrio que tiene una capa de texturación aplicada que comprende una película de SiO_2 mezclada con unas partículas de texturación con unos diámetros del orden de 1-2 μm de manera que se forme una superficie con textura. La película de SiO_2 es más fina que el diámetro promedio de las partículas de texturación de manera que el cuarzo se proyecte a través del vidrio tipo “spin-on”.

La capa dieléctrica proporciona en este caso una función de capa de barrera, también se emplea un recubrimiento antirreflectante separado, con una superficie superior conformable con la superficie con textura. Como se ilustra en la Figura 2, a continuación se forma una película de silicio sobre la superficie de textura del recubrimiento antirreflectante. La película de silicio tiene un espesor preferentemente en el intervalo de 0,5-2 μm (es decir, de espesor similar a las dimensiones de las características de textura proporcionadas en la superficie de la capa de SiO_2). Aunque la película de silicio producida mediante este método se ajusta holgadamente a la superficie con textura sobre la cual se forma, las superficies opuestas de la película son básicamente no paralelas, al menos

a pequeña escala de manera que la luz atravesase generalmente la película de silicio en ángulo con respecto a la superficie de silicio.

Lo que es más importante, muy a menudo la luz golpeará la superficie posterior de la película de silicio (superficie superior, en las Figuras 1 y 2) en un ángulo significativo con respecto a la normal con respecto a la superficie 36, de manera que para un número significativo de incidencias, se producirá la reflexión interna total. La superficie 36 también puede recubrirse con un material reflectante 39 (como por ejemplo un contacto de metal posterior) para ayudar a reflejar la luz interna que golpea esta superficie.

En relación a las Figuras 3, 4 y 5, se ilustra otra forma de realización en la que se aplica una capa 32 de SiO_2 33 a la superficie del sustrato 11, incluyendo la capa de SiO_2 32 unas monosferas de SiO_2 37 que resultan en una superficie con textura de la capa de vidrio tipo spin-on.

Las etapas para formar la forma de realización de las Figuras 3, 4 y 5, incluyen formar un sol de SiO_2 mediante el proceso de Sol-Gel, en el que se forman partículas monosféricas de SiO_2 en el sol de SiO_2 durante su preparación y el sol de SiO_2 se aplica a un sustrato o sustrato 11 de manera que la capa resultante de SiO_2 32 produzca una superficie con textura 39 para la fabricación de células solares de película fina. También se aplica un recubrimiento antirreflectante 38 con una superficie superior 35. En la forma de realización preferente, la capa de SiO_2 32 incluye partículas monosféricas de SiO_2 37 de aproximadamente un diámetro de $0,7\mu\text{m}$ y una película de SiO_2 lisa 32 de aproximadamente $0,3\mu\text{m}$ de espesor que cubre las partículas de SiO_2 37. La diferencia entre la dimensión de las partículas y el espesor de la película resulta en una superficie con textura. Sin embargo, pueden utilizarse partículas en el intervalo de $0,5\text{-}2\mu\text{m}$ con unos espesores de película de SiO_2 en el intervalo de $0,2\text{-}0,8$ veces el diámetro de la monosfera.

En relación a la Figura 4, cuando una película de silicio 15 está en el proceso de ser depositada sobre la superficie con textura 35 de capa de barrera 38, mediante un método de formación como la Deposición Química en fase Vapor Mejorada por Plasma (PECVD), la película crecerá simultáneamente desde todos los puntos en la superficie a una velocidad considerablemente constante en una dirección normal a la superficie en los respectivos puntos. Esto resulta en una película similar a la mostrada en la Figura 5, donde características de texturación relativamente pequeñas en la superficie del sustrato (es decir, en la superficie 35) resultan en características más grandes que se fusionan entre sí en la superficie opuesta 36 de la película de silicio. Esto resulta en un no-parallelismo significativo entre las superficies de la película de silicio y produce una buena retención de la luz cuando la película es iluminada a través de sustrato. Hay que reseñar también que este método es útil para dispositivos de silicio amorfo, y dispositivos de silicio cristalino tanto cuando la

estructura cristalina se forma directamente como cuando la estructura cristalina se forma por cristalización de silicio amorfo (p. ej.; por cristalización en fase sólida).

Por último, después de haberse formado el silicio y haberse completado cualquier procesamiento necesario para ser llevado a cabo sobre toda la capa de silicio, como la formación de una capa dieléctrica 19, se aplica una capa de metal 40 sobre la superficie de silicio 36 para proporcionar un reflector posterior y transformarse en contactos para hacer contacto con el dispositivo semiconductor formado en la película de silicio. La capa dieléctrica 19 se sitúa entre el silicio 15 y la capa de metal 40 con el fin de aislar el metal de la zona superior de la película semiconductora de manera que las partes del metal puedan unirse a través de la zona inferior de la película semiconductora sin cortocircuitar la unión.

Las partículas de SiO_2 37 y la película 32 en la que se aplican, se fabrican mediante un proceso de Sol-Gel. El proceso de Sol-Gel implica mezclar un compuesto orgánico de metal con agua que actúa como agente de hidrólisis y un alcohol como disolvente. El compuesto orgánico de metal reacciona con el agua en la solución para formar un polímero de óxido metálico. Los tamaños de las partículas de polímero dependen del valor del pH de la solución. La solución después de la reacción se denomina un Sol. El sol pasa a Gel cuando el disolvente se evapora. Además la sinterización hace que el Gel de convierta en un óxido metálico rígido (es decir, una capa dieléctrica de SiO_2).

El proceso Sol-Gel tiene ciertas ventajas, tales como una alta pureza, una concentración bien controlada y una formación simple. Estas ventajas determinan que el proceso tenga amplias aplicaciones. Por ejemplo, el proceso Sol-Gel conocido como vidrio spin-on ha sido utilizado en la industria de los semiconductores durante años. Sin embargo, normalmente no sería deseable para producir un gel que contuviese partículas de cualquier tamaño significativo, como en el presente caso.

Entre los óxidos metálicos formados por el proceso Sol-Gel, el sol de SiO_2 se ha aplicado en diversas industrias. En la industria de los semiconductores, se han utilizado capas de SiO_2 formadas mediante este proceso para formar una capa dieléctrica y una capa de planarización. También puede utilizarse para formar una fuente de dopaje si el dopante se añade al sol de SiO_2 . La película de SiO_2 también ha sido utilizada como una capa antirreflectante, capa de barrera, capa de fortalecimiento, capa resistente a productos químicos y etcétera.

Como se ha mencionado anteriormente, puede ajustarse el tamaño de las partículas de polímero 37 mediante el valor del pH de la solución. En términos generales, a medida que el valor del pH de la solución se reduce por debajo de 7, disminuye el tamaño de partícula a valores que pueden hacerse inferiores a 100 nm. La mayoría de los vidrios de

tipo “spin-on” se comportan de esta manera. A medida que el pH aumenta a valores superiores a 7, el tamaño de partícula aumenta a valores que pueden ser mayores que $1,0\mu\text{m}$.

Esta forma de realización tiene unas ventajas significativas incluso sobre otras formas de realización deseables de la invención, como se indica a continuación:

5

i) La partícula de SiO_2 puede hacerse de un solo tamaño y con una sola forma (esférica). Por lo tanto, junto con la película de SiO_2 , la textura hecha puede ser muy lisa y uniforme en términos de altura de las características de la textura. Esta característica es importante para la fabricación de células solares de película fina de alta eficiencia porque reduce cualquier ranura/grieta, y por lo tanto reduce problemas de derivación sin un tratamiento adicional de la texturación.

10

ii) En lugar de crear defectos en la superficie de vidrio por la texturación química o aplicación de la técnica de chorro de arena, la capa con textura Sol-Gel realmente llena los defectos de manera que el vidrio pueda fortalecerse después de la texturación;

15

iii) La textura del Sol-Gel proporciona una capa de barrera extra para impedir la migración de las impurezas del vidrio a la película de Si;

iv) La textura puede ser sometida a una temperatura muy alta (p. ej., hasta el punto de fusión del Si), sin dañar las características de textura porque la textura está hecha de SiO_2 que tiene un punto de fusión más alto que el sustrato de vidrio. Por otra parte, las características químicas de textura pueden fundirse a una temperatura alta, reduciendo cualquier efecto de retención de la luz;

20

v) Es un proceso respetuoso con el medio ambiente. La única etapa potencialmente problemática es la posible liberación de etanol a la atmósfera durante el procesamiento, aunque reciclar el etanol sería una cuestión relativamente simple. La texturación química, en comparación, produce grandes cantidades de residuos HF;

25

vi) El proceso de aplicación de la capa con textura no es difícil de escalar;

vii) El proceso cuesta menos que la texturación química si se incluye el costo de tratamiento de residuos en el costo de la texturación química.

Las formas de realización descritas anteriormente dependen de la formación de una capa con textura sobre un sustrato plano o sustrato, sin embargo, también es posible llevar a cabo la invención texturizando directamente la superficie del sustrato o sustrato.

30

Ilustrada en la Figura 8, hay una vista en sección de una forma de realización similar a la de las Figuras 3-5, en la que se muestran los fotones de luz que entran o salen de la película de silicio 15 a lo largo de las trayectorias 18 a través del sustrato y son reflejadas dentro de la película de silicio 15, entre la interfaz de dieléctrico/silicio inferior 20 (o capa antirreflectante/interfaz de silicio) y la interfaz de silicio/dieléctrico superior 21 o la

35

superficie del metal (contacto posterior) 19, varias veces, aumentando de ese modo la eficiencia de la conversión de una célula fotovoltaica formada en la película de silicio fina.

La presente invención también puede aplicarse a células de silicio amorfas en cuyo caso las etapas de procesamiento convencionales para el fabricante de células amorfas
5 serían modificadas como sigue:

1) a la superficie de un sustrato de vidrio o sustrato, aplicar una capa de texturación que comprende unas partículas unidas en una matriz de TCO. El material de TCO puede ser aplicado mediante un proceso de Sol-Gel o por deposición mediante
10 pulverización iónica u otras técnicas adecuadas y las partículas de texturación pueden ser perlas de SiO_2 , cuarzo triturado o partículas del propio material de TCO;

2) formar una película de silicio amorfo sobre la matriz de TCO, o de manera alternativa:

1) a la superficie de un sustrato de vidrio o sustrato, aplicar una capa de texturación que comprende unas partículas de texturación unidas en una matriz de SiO_2 ,
15 como se describe con respecto a las figuras 1 a 5 anteriormente indicadas;

2) formar una película de TCO sobre la matriz de SiO_2 ;

3) formar una película de silicio amorfo sobre la película de TCO.

REIVINDICACIONES

1. Un método par formar una estructura de retención de la luz en una célula solar de silicio de película fina formada sobre un sustrato de vidrio o sustrato (11),
5 incluyendo el método las etapas de:

a) aplicar una capa de texturación (32) a una superficie del sustrato de vidrio o sustrato (11), comprendiendo la capa de texturación (32) unas partículas de texturación (34/37) retenidas en una matriz de unión (33), aplicándose la capa de texturación (32)
10 preparando un vidrio Sol-Gel de SiO₂ que contiene partículas de texturación de SiO₂ (34/37), aplicando el vidrio Sol-Gel a la superficie del sustrato o sustrato (11) de manera que el espesor de la película de vidrio después de ser aplicada sea inferior a un diámetro promedio de las partículas de texturizado;

b) calentar el vidrio Sol-Gel hasta sinterizarlo, mediante lo cual después de la
15 sinterización el sol-gel se convierte en una capa dieléctrica de SiO₂;

c) formar una capa de barrera conformable fina (38), en la que el material de capa barrera es nitruro de silicio con un espesor de 70 nm $\pm$ 20%.

d) formar una película de silicio (15) sobre la capa de barrera en la superficie con textura, en la que la película de silicio (15) sea inferior a 10 μ m de espesor; y
20

e) formar una estructura de dispositivo fotovoltaico en la película de silicio.

2. El método según se reivindica en la reivindicación 1, en el que la película de silicio es una película fina de silicio cristalino.

3. El método según se reivindica en la reivindicación 1, en el que la superficie con textura de la capa de texturación incluye características de superficie con unas dimensiones en un intervalo de 0,05-2 veces el espesor de la película de silicio.

4. El método según se reivindica en la reivindicación 1, 2 ó 3, en el que las
30 partículas de texturación son partículas de SiO₂ monosféricas.

5. El método según se reivindica en la reivindicación 4, en el que las partículas de SiO₂ están en el intervalo de 0,2-1,5 μ m de diámetro.

6. El método según se reivindica en la reivindicación 5, en el que las partículas de SiO₂ están en el intervalo de 0,5-0,9 μ m de diámetro.

7. El método según se reivindica en la reivindicación 6, en el que las partículas de SiO_2 están en el intervalo de $0,65\text{-}0,75\mu\text{m}$ de diámetro.

5 8. El método según se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, en el que el espesor de la matriz de unión está en el intervalo de $0,2\text{-}0,8$ veces el diámetro promedio de las partículas de texturación.

10 9. El método según se reivindica en la reivindicación 8, en el que el espesor de la matriz de unión está en el intervalo de $0,35\text{-}0,5$ veces el diámetro promedio de las partículas de texturación.

15 10. El método según se reivindica en la reivindicación 4, en el que el espesor de la matriz de unión está en el intervalo de $0,25\text{-}0,35\mu\text{m}$ y el diámetro promedio de las partículas de texturación está en el intervalo de $0,65\text{-}0,75\mu\text{m}$.

20 11. El método según se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el que la película fina de silicio formada sobre la superficie con textura tiene un espesor en el intervalo de $1\text{-}10$ veces la altura promedio de las características de la texturación de superficie.

25 12. El método según se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en el que la película fina de silicio formada sobre la superficie con textura tiene un espesor en el intervalo de $2\text{-}3$ veces la altura promedio de las características de la texturación de la superficie.

30 13. El método según se reivindica en la reivindicación 10, en el que la película fina de silicio formada sobre la superficie texturizada tiene un espesor en el intervalo de $1\text{-}2\mu\text{m}$.

 14. El método según se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, en el que después de haberse formado la película de silicio, se forma una capa de material reflectante sobre una superficie de la película de silicio alejada del sustrato o superestrato.

15. El método según se reivindica en la reivindicación 14, en el que se forma una capa aislante sobre la superficie de la película de silicio alejada del sustrato o sustrato antes de la formación de la capa de material reflectante.

16. El método según se reivindica en la reivindicación 14 ó 15, en el que la capa de material reflectante también forma una estructura de metalización para poner en contacto las regiones activas de la célula.

17. Un dispositivo fotovoltaico de película fina que incorpora una estructura de retención de la luz, en el que el dispositivo fotovoltaico se forma en una superficie con textura proporcionada en un sustrato de vidrio o sustrato (11), comprendiendo el dispositivo fotovoltaico una película fina de silicio (15) en la que se forma al menos una unión fotovoltaica pn, siendo la película de silicio (15) inferior a $10\mu\text{m}$ de espesor y siendo la superficie con textura proporcionada por una capa de texturación dieléctrica de SiO_2 (32) formada como un vidrio sol-gel endurecido, situado sobre una superficie del sustrato o sustrato (11), y sobre el que se forma una capa de barrera conformable fina (38), comprendiendo la capa de texturación dieléctrica (32) unas partículas de texturación de SiO_2 (34, 37) retenidas en una matriz de unión de película de vidrio de SiO_2 (53) con un espesor inferior a un diámetro promedio de las partículas de texturación, la capa de barrera conformable fina (38) es una capa de material de nitruro de silicio con un espesor de $70\text{ nm} \pm 20\%$.

18. El dispositivo según se reivindica en la reivindicación 17, en el que la película fina de silicio es una película fina silicio cristalino.

19. El dispositivo según se reivindica en la reivindicación 17 ó 18, en el que la superficie con textura de la capa de texturación incluye unas características de superficie con unas dimensiones en un intervalo de 0,05-0,2 veces el espesor de la película de silicio,

20. El dispositivo según se reivindica en la reivindicación 17, 18 ó 19, en el que las partículas de texturación son partículas de SiO_2 monosféricas.

21. El dispositivo según se reivindica en la reivindicación 20, en el que las partículas de SiO_2 están en el intervalo de 0,2-1,5 μm de diámetro.

22. El dispositivo según se reivindica en la reivindicación 21, en el que las partículas de SiO₂ están en el intervalo de 0,5-0,9μm de diámetro.

23. El dispositivo según se reivindica en la reivindicación 22, en el que las partículas de SiO₂ están en el intervalo de 0,65-0,75μm de diámetro.

24. El dispositivo según se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 21 a 23, en el que el espesor de la matriz de unión está en el intervalo de 0,2-0,8 veces el diámetro promedio de las partículas de texturación.

25. El dispositivo según se reivindica en la reivindicación 24, en la que el espesor de la matriz de unión está en el intervalo de 0,35-0,5 veces el diámetro promedio de las partículas de texturación.

26. El dispositivo según se reivindica en la reivindicación 20, en el que el espesor de la matriz de unión está en el intervalo de 0,25-0,35μm y el diámetro promedio de las partículas de texturación está en el intervalo de 0,65-0,75μm.

27. El dispositivo según se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 17 a 26, en el que la película fina de silicio tiene un espesor en el intervalo de 1-10 veces la altura promedio de las características de la texturación de la superficie.

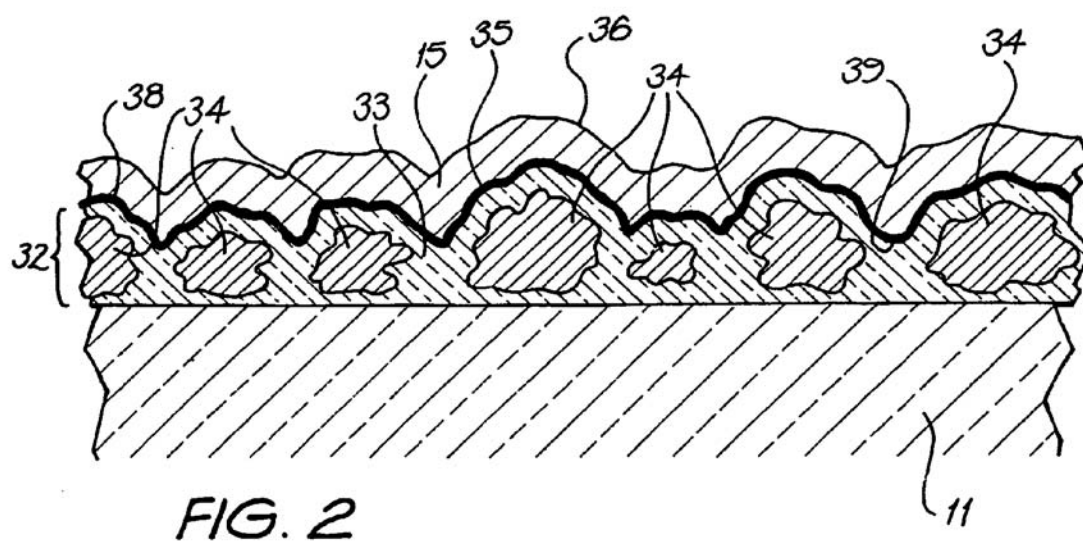
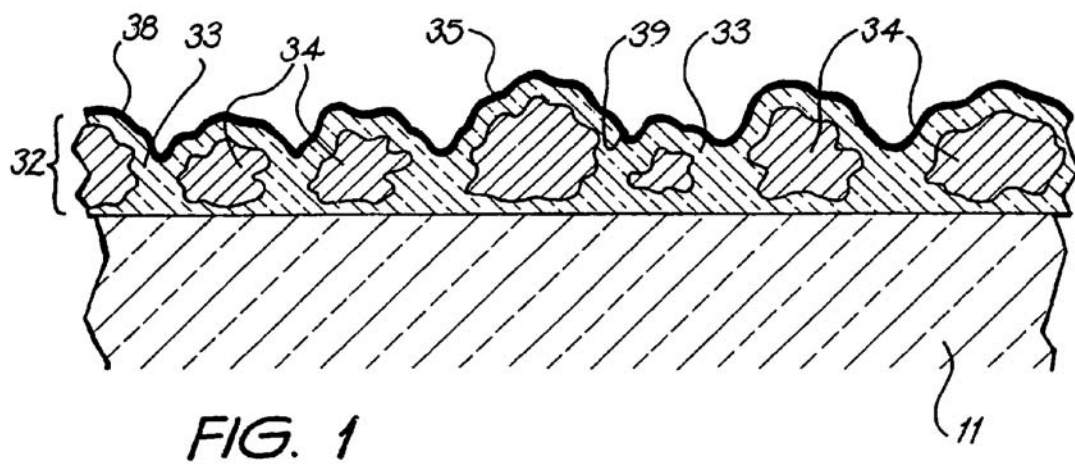
28. El dispositivo según se reivindica en la reivindicación 27, en el que la película fina de silicio tiene un espesor en el intervalo de 2-3 veces la altura promedio de las características de la texturación de la superficie.

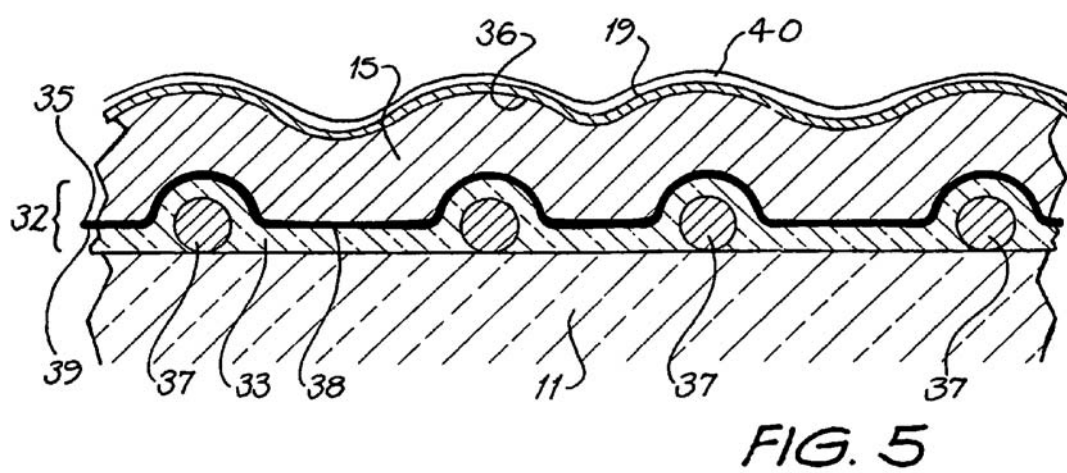
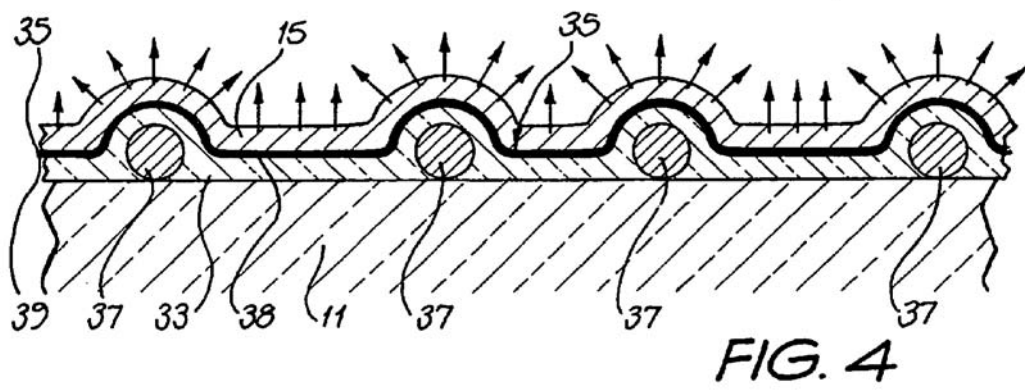
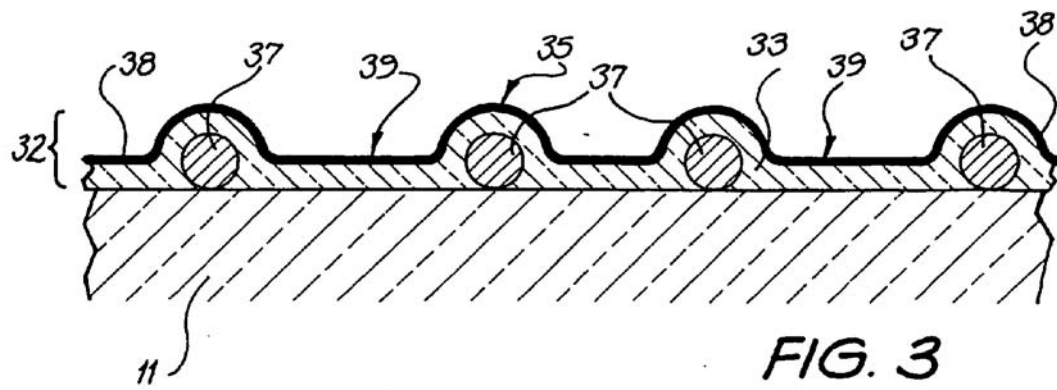
29. El dispositivo según se reivindica en la reivindicación 26, en el que la película fina de silicio tiene un espesor en el intervalo de 1-2μm.

30. El dispositivo según se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 18 a 29, en el que una capa de material reflectante se sitúa sobre una superficie de la película de silicio alejada del sustrato o superestrato.

31. El dispositivo según se reivindica en la reivindicación 30, en el que una capa aislante se sitúa entre la película de silicio y la capa de material.

32. El dispositivo según se reivindica en la reivindicación 30 ó 31, en el que la capa de material reflectante también forma una estructura de metalización para poner en contacto las regiones activas de la célula.





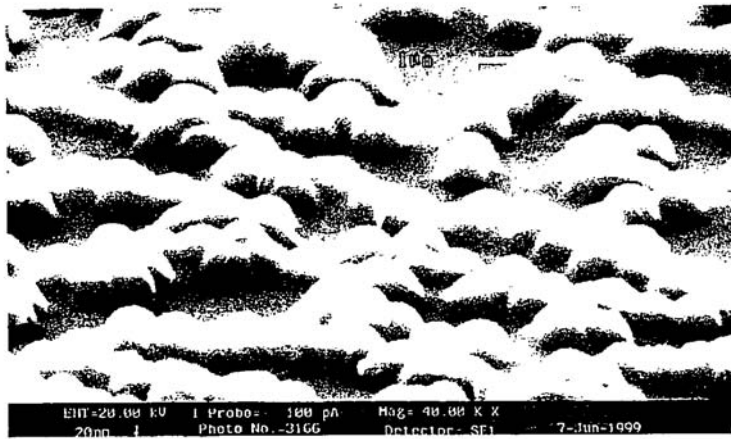


Figura 6

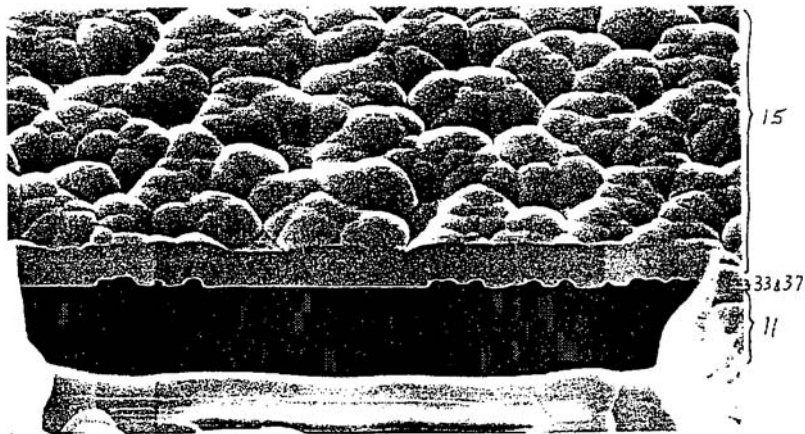


Figura 7

