

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 496 186**

51 Int. Cl.:

**H01L 31/0224** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.10.2010 E 10763706 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.07.2014 EP 2489076**

54 Título: **Dispositivo que comprende contactos eléctricos y su proceso de producción**

30 Prioridad:

**13.10.2009 EP 09172876**

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

**18.09.2014**

73 Titular/es:

**ECOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE  
LAUSANNE (EPFL) (100.0%)  
EPFL-TTO, Quartier de l'innovation, Bâtiment J  
1015 Lausanne, CH**

72 Inventor/es:

**BALLIF, CHRISTOPHE**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 496 186 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

Dispositivo que comprende contactos eléctricos y su proceso de producción

### Campo técnico

5 La invención se refiere a un dispositivo que comprende una superficie conductiva y contactos eléctricos mediante los cuales es capaz de pasar una corriente eléctrica. La invención se refiere además a un método para producir dicho dispositivo. Encuentra, en particular, aplicación ventajosa en la fabricación de contactos eléctricos para células solares.

### Antecedentes de la invención

10 Las células solares fotovoltaicas tienen que extraer altas densidades de corriente, en el intervalo de 10 a 50 mA/cm<sup>2</sup> de corriente por área unitaria perpendicular a la iluminación solar. Dicho dispositivo se ilustra en la Figura 1 en una vista transversal. La fotocorriente generada por lo general se recoge y transporta lateralmente a través de una capa frontal conductiva 1, tal como una región de silicio altamente impurificado, una capa metálica transparente y delgada o un óxido conductivo transparente tal como SnO<sub>2</sub>, ITO, ZnO, InO:H (óxido de indio) o una combinación de éstos. Eventualmente, la corriente se recoge mediante más líneas de contacto conductivas llamadas dedos o contactos de  
15 rejillas 2. La Figura 5 muestra un patrón de rejilla de metal típico dispuesto en un lado frontal de una célula solar fotovoltaica. Barras colectoras 3 usualmente están en contacto (soldadas, electrosoldadas o puestas en contacto con adhesivo eléctrico) con una cuerda metálica altamente conductiva para extraer la corriente que es generada homogéneamente en el área ópticamente activa (es decir, no cubierta por la rejilla de contacto) y son recogidas por los dedos delgados o contacto de rejillas 2. Estos contactos de rejillas con frecuencia se depositan usando la impresión serigráfica de la pasta conductiva, tal como pasta que contiene plata.

Si los contactos impresos por serigrafía se realizan solamente por impresión serigráfica o técnicas relacionadas (p. ej., impresión por cliché), usando una impresión simple o doble, tienden a ensancharse (70-120 µm), oscureciendo así las células solares y creando pérdidas ópticas, ya que típicamente 4-11% de la superficie de la célula solar es luego cubierta por un material reflectante (lo que significa que puede recogerse el área donde no hay fotones).  
25 Además, la resistividad eléctrica a granel de la pasta impresa por serigrafía (típicamente hojuelas de Ag con componentes inorgánicos y orgánicos) es significativamente mayor que la del material a granel correspondiente. En el caso de Ag, la resistividad para una pasta curada a alta temperatura (700-900°) tiene un factor 2-3 mayor que el de Ag a granel, y 7-10 mayor en el caso de pastas curadas a baja temperatura (150- 300°). Esta baja conductividad puede conducir a fuertes pérdidas eléctricas en los dedos de contacto de la célula solar fotovoltaica. Con el fin de  
30 compensar la baja conductividad, deben imprimirse dedos gruesos (típicamente de varias decenas de micrómetros). La desventaja es que todavía puede ser insuficiente y producir pérdidas eléctricas, además de la necesidad de usar grandes cantidades de pasta de impresión serigráfica, que puede ser un componente costoso.

Como se muestra en la Figura 2, una posibilidad para limitar tanto las pérdidas ópticas como las pérdidas eléctricas y ahorrar material, sería depositar sobre la capa frontal conductiva 1, por impresión serigráfica u otra técnica, una  
35 línea de semillas más delgada 4 y posteriormente reforzar el contacto eléctrico con un proceso de revestimiento de chapa (no galvanizado o galvanizado), típicamente usando Ag, Cu, Ni y otras capas para revestir con chapa los contactos. La ventaja del material enchapado 5 es una mayor conductividad, más cercana a la conductividad a granel de los materiales utilizados.

El problema está en que, en la configuración propuesta, tanto la línea de semillas o el contacto de rejillas 4 como la  
40 capa subyacente 1 son conductivos. En consecuencia, los materiales 5 depositados por el enchapado tienden también a depositarse tanto en la línea de semillas 4 como en la capa subyacente 1, o por lo menos parcialmente en la capa subyacente 1. Esto luego conduce a una cobertura metálica no deseada de la superficie frontal de la célula, lo que produce pérdidas ópticas. Es posible trabajar variando la composición de las soluciones de enchapado para lograr una "selectividad" entre los contactos de dedos 4 y la capa subyacente 1, pero también será difícil garantizar  
45 un proceso robusto en cualquier producción, ya que en principio todas las capas conductivas serán capaces de dar o aceptar los electrones necesarios en el proceso de enchapado (y asimismo con electrogalvanizado).

El documento EP2105969 describe un método para formar una estructura de electrodos de células fotovoltaicas.

Un objeto de la presente invención es proveer un dispositivo, tal como una célula solar, que permite evitar las desventajas de la técnica anterior. Más especialmente, un objeto de la invención es proveer un dispositivo que  
50 comprende una superficie conductiva y contactos eléctricos, donde dichos contactos eléctricos tienen un tamaño reducido y una mayor conductividad.

### Compendio de la invención

La presente invención se refiere a un dispositivo que comprende una superficie conductiva y contactos eléctricos mediante los cuales es capaz de pasar una corriente eléctrica. De acuerdo con la invención, dichos contactos  
55 eléctricos comprenden semillas depositadas en la superficie conductiva, una capa eléctricamente aislante que cubre en forma discontinua dichas semillas conductivas con el fin de formar aberturas que dejan acceso a dichas semillas

conductivas, y una capa de revestimiento de chapa que cubre dicha capa aislante discontinua y depositada en las semillas conductivas accesibles a través de dichas aberturas, y con el fin de formar puntos desde los cuales puede comenzar el depósito de dicha capa de revestimiento de chapa. A su vez, el resto de la superficie conductiva, que no comprende ningún contacto eléctrico, está continuamente cubierto por dicha capa eléctricamente aislante.

5 Preferiblemente, las semillas conductivas contienen plata.

En algunas realizaciones, la capa eléctricamente aislante puede ser ópticamente transparente.

Ventajosamente, la capa eléctricamente aislante puede comprender una capa o una pila de capas hechas de materiales seleccionados del grupo que consiste en MgF y otros compuestos de Flúor ópticamente transparentes, SiN<sub>x</sub>, SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZnS y SiO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>. También se puede emplear un óxido conductivo transparente no impurificado basado en ZnO, SnO<sub>2</sub> o InO.

Preferiblemente, la capa de revestimiento de chapa puede estar hecha de un material seleccionado del grupo que consiste en Ag y Cu.

De acuerdo con una realización preferida, los contactos eléctricos forman un patrón diseñado para recoger corriente, tal como una rejilla.

15 Ventajosamente, el dispositivo de la invención es una célula solar, más particularmente una célula solar de heterounión de silicio.

La presente invención se refiere además a un método para producir un dispositivo según se definió anteriormente, y que comprende las etapas de:

proporcionar una superficie conductiva,

20 depositar, en dicha superficie conductiva, semillas conductivas en lugares correspondientes a las posiciones de los contactos eléctricos,

depositar una capa eléctricamente aislante en toda la superficie conductiva con el fin de formar una capa aislante eléctricamente discontinua en la región de las semillas conductivas y proveer, en dicha capa aislante discontinua, aberturas que dejan acceso a dichas semillas conductivas y con el fin de formar una capa aislante eléctricamente conductiva continua en el resto de la superficie conductiva,

cubrir la capa eléctricamente aislante discontinua y las semillas conductivas que son accesibles a través de dichas aberturas con una capa de revestimiento de chapa, comenzando dicha capa de chapa a expandirse desde dichas semillas conductivas accesibles a través de dichas aberturas, formando dichas semillas conductivas puntos para comenzar el depósito de dicha capa de revestimiento de chapa.

30 Ventajosamente, las semillas conductivas pueden formarse depositando una pasta conductiva que tiene la rugosidad y porosidad adecuada, permitiendo el crecimiento de la placa de revestimiento de chapa.

Preferiblemente, la pasta puede depositarse por un método seleccionado del grupo que consiste en impresión serigráfica, impresión por cliché, impresión a chorro de tinta, aerosol y jeringa, para formar un patrón adecuado para recolección desde el dispositivo, tal como una rejilla.

35 La presente invención se refiere además al uso del método definido anteriormente para producir una célula solar, y más particularmente una célula solar de heterounión de silicio, que comprende, por ejemplo, contactos eléctricos que forman un patrón de metal en su lado frontal.

#### Breve descripción de los dibujos

Las Figuras 1 y 2 son vistas transversales esquemáticas de las células solares de la técnica anterior,

40 La Figura 3 es una vista transversal esquemática de una célula solar de la invención,

Las Figuras 4a, 4b, 4c representan las distintas etapas del método de la invención, y

Las Figuras 5 y 6 son vistas superiores esquemáticas de una célula solar de la técnica anterior y de una célula solar de la invención, respectivamente.

#### Descripción detallada

45 Como se muestra en las Figuras 3 y 4a a 4c, un dispositivo de la invención, tal como una célula solar 10, comprende una superficie conductiva 12 y contactos eléctricos 14 mediante los cuales es capaz de pasar una corriente eléctrica. Según la invención, cada contacto eléctrico 14 comprende:

semillas conductivas 16 depositadas en la superficie conductiva 12,

una capa eléctricamente aislante 18, que cubre en forma discontinua dichas semillas conductivas 16 con el fin de formar aberturas 20 dejando acceso a dichas semillas conductivas 16, y

5 una capa de revestimiento de chapa 22 que cubre dicha capa aislante discontinua 18 y depositada en las semillas conductivas 16 que son accesibles a través de dichas aberturas 20 y forman puntos A desde los que puede comenzar el depósito de dicha capa de revestimiento de chapa 22.

Asimismo, el resto de la superficie conductiva 12, que no comprende los contactos eléctricos 14, está continuamente cubierto por dicha capa eléctricamente aislante 18.

10 De acuerdo con la invención, el dispositivo comprende una capa eléctricamente aislante discontinua integrada a cada contacto eléctrico. Dicho dispositivo es un dispositivo conductivo, ya que el contacto eléctrico, que comprende las partes eléctricamente aislantes, comprende también semillas conductivas y una capa de revestimiento de chapa que vincula dichas partes eléctricamente aislantes pero también dichas semillas conductivas, y en consecuencia la superficie conductiva, ya que las semillas conductivas están depositadas sobre dicha superficie conductiva.

15 De acuerdo con el método de la invención, primero se depositan finas líneas de contacto de semillas conductivas 16, llamadas dedos o contactos de rejillas. En este ejemplo, las líneas de contacto forman una rejilla. Es obvio que la rejilla puede reemplazarse con cualquier patrón apropiado, adecuado para recoger corriente de la célula solar. La dimensión lateral de los dedos es 10-50 pm. Para obtener las semillas conductivas 16, se usa una pasta conductiva. Esta pasta conductiva contiene típicamente hojuelas o nanopartículas de plata o partículas que contienen plata. Dicha pasta tiene suficiente rugosidad y porosidad, tal como las típicamente obtenidas por impresión serigráfica o impresión a chorro de tinta o dispensación de pastas que contienen micro y nanopartículas. Esta capa de semillas 20 puede ser delgada, solamente de unos pocos micrómetros, y constituir las semillas conductivas 16 para los contactos de rejillas.

25 Luego una capa eléctricamente aislante (aislante con respecto a la capa frontal conductiva subyacente, es decir con por lo menos una resistividad de un factor 100 superior) y ópticamente transparente en el intervalo de absorción de las células solares (absorción típica debajo de 1-5% en el intervalo de interés), tal como MgF, SiN<sub>x</sub>, SiO<sub>2</sub>, SiO<sub>x</sub>Ny, TiO<sub>2</sub>, ZnS o Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> o una capa de múltiples pilas de estos materiales se deposita en todo el lado frontal del dispositivo, mediante cualquier técnica tal como pulverización por bombardeo iónico, evaporación, deposición química de vapor, deposición química de vapor asistida por plasma. Como se muestra en la Figura 4b, la deposición es tal que las partes de las semillas conductivas 16 no están totalmente cubiertas, es decir, la capa depositada 18 está discontinuada en las semillas conductivas o los contactos de rejillas de líneas finas 16 con el fin de formar aberturas 20 que dejan acceso a las semillas conductivas 16. No obstante, las otras "áreas ópticamente activas" 24 de las células están cubiertas por la capa eléctricamente aislante 18.

35 En la última etapa, tiene lugar el proceso de revestimiento con chapa. Gracias a la capa eléctricamente aislante 18 que cubre las "áreas ópticamente activas" 24, y gracias a las aberturas restantes 20 en las semillas conductivas o contactos de rejillas 16 no cubiertas por la capa aislante 18, el revestimiento de chapa puede solamente comenzar sobre los contactos de rejillas, ya que no sucederá el revestimiento con chapa si hay una capa aislante, debido a que requiere que una corriente eléctrica fluya, especialmente en el caso de electrogalvanización. La selectividad del proceso de revestimiento con placa es óptima y la conductividad eléctrica de los contactos de rejillas puede potenciarse con el revestimiento de chapa, como se muestra en la Fig.4c. El dedo de contacto de rejilla puede luego engrosarse con varios micrómetros o decenas de micrómetros de material altamente conductivo. Al final del proceso, se obtiene un dispositivo, que comprende contactos eléctricos 14 que tienen un tamaño reducido y una conductividad aumentada en comparación con el patrón de rejilla de metal conocido.

La Figura 6 muestra que los contactos eléctricos 14 no son tan anchos como los contactos eléctricos típicos 2 que se muestran en la Figura 5.

45 La elección de la capa aislante 18 es importante. Debe ser lo suficientemente gruesa como para no tener agujeros o discontinuidad cuando se deposita sobre el área ópticamente activa del dispositivo, o por lo menos compactarse lo suficiente como para prevenir la deposición de metal.

Si el dispositivo que tiene que ser metalizado con líneas altamente conductivas delgadas no necesita capturar luz, entonces la capa aislante 18 no necesita ser ópticamente transparente.

50 La invención puede también utilizarse ventajosamente para la parte posterior de células solares o para células solares en donde el patrón de metalización frontal se lleva a la parte posterior de las células solares usando orificios en las obleas, tal como en envolturas de metalización a través de células, y ambos contactos eléctricos se encuentran entonces en la parte trasera de la célula.

55 Más en general, la invención permite el refuerzo de contactos eléctricos de cualquier forma en cualquier superficie conductiva (incluida metálica), siempre que la capa de semillas rugosa esté presente y que se elija bien la técnica de aplicación para la capa de semillas rugosa depositada.

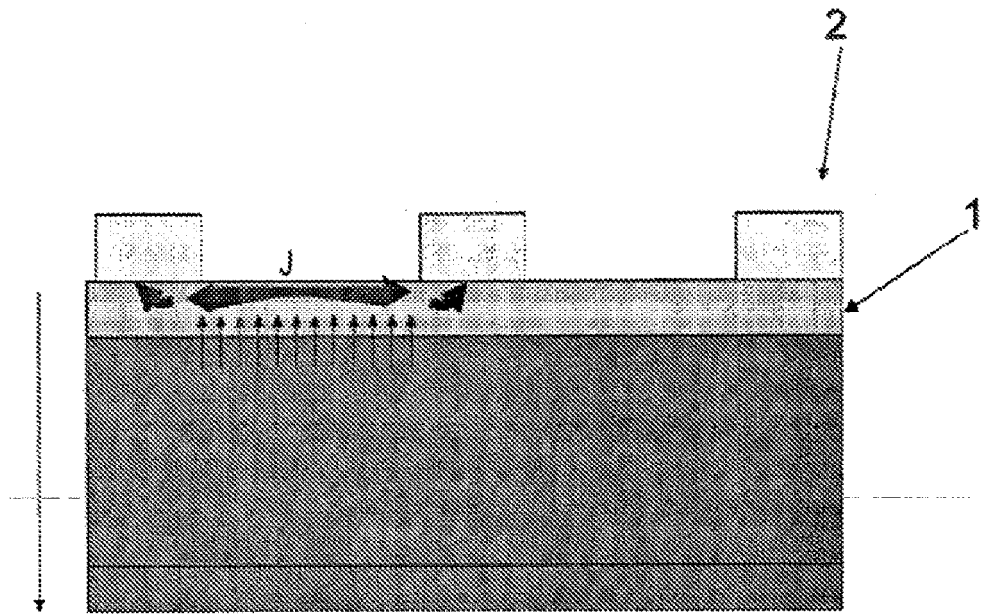
5 Asimismo, al elegir las capas depositadas con el índice refractivo correcto, entre 1,3 y 2,4, o una pila múltiple de dichos materiales, dependiendo del índice refractivo del material que cubre la célula en un módulo (típicamente un encapsulante a base de polímero) y de las capas frontales conductoras y las capas subyacentes, es posible lograr un efecto anti-reflexión adicional de las células solares, que puede conducir a una obtención de corriente adicional de gran porcentaje.

10 La presente invención es particularmente interesante cuando se aplica a la llamada célula solar de heterounión de silicio, usando capas delgadas (2-10 nm) de Si amorfo intrínseco entre el final de la oblea cristalina y las capas impurificadas. Dichas células están cubiertas por un óxido conductor transparente, tal como ITO, ZnO o SnO<sub>2</sub>, u óxido de indio impurificado con H, en la parte frontal y a veces posterior. Ya que la célula se fabrica a aproximadamente 200°C, no puede tolerar alta temperatura de recocido encima de 270-300°C. En este caso, el proceso de la invención se aplica particularmente bien, ya que no se puede aplicar pasta de metalización de "alta temperatura".

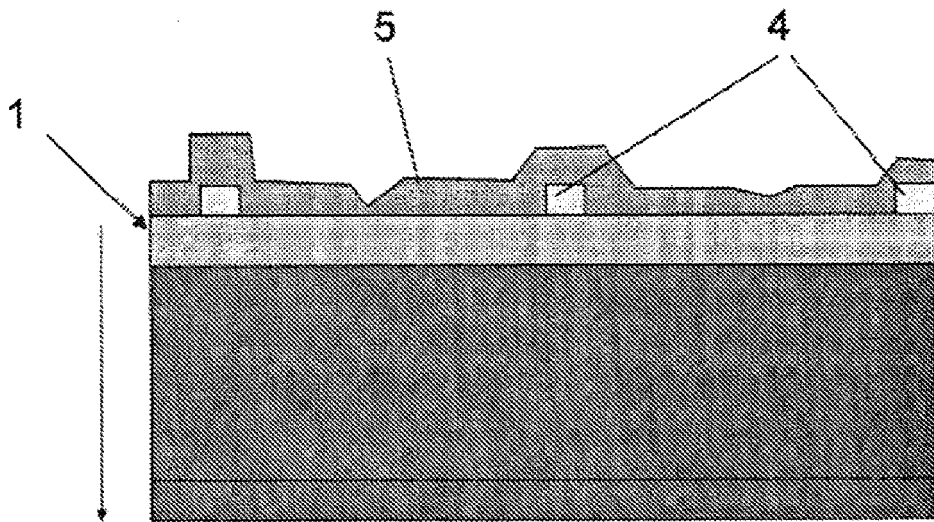
**REIVINDICACIONES**

1. Dispositivo que comprende una superficie conductiva (12) y contactos eléctricos (14) mediante los cuales es capaz de pasar una corriente eléctrica, caracterizado por que dichos contactos eléctricos (14) comprenden semillas conductivas (16) depositadas sobre la superficie conductiva (12), una capa eléctricamente aislante (18), que cubre en forma discontinua dichas semillas conductivas (16) con el fin de formar aberturas (20) dejando acceso a dichas semillas conductivas (16), y una capa de revestimiento de chapa (22) que cubre dicha capa aislante discontinua (18) y depositada sobre las semillas conductivas (16) que son accesibles a través de dichas aberturas (20), y con el fin de formar puntos desde los cuales puede comenzar el depósito de dicha capa de revestimiento de chapa (22), y por que el resto de la superficie conductiva (12), que no comprende ningún contacto eléctrico (14), está continuamente cubierto por dicha capa eléctricamente aislante (18).
2. Dispositivo según la reivindicación 1, caracterizado por que las semillas conductivas (16) contienen plata.
3. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, caracterizado por que la capa eléctricamente aislante (18) es ópticamente transparente.
4. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que la capa eléctricamente aislante (18) comprende una capa o una pila de capas hecha de materiales seleccionados del grupo que consiste en MgF y otros compuestos de Flúor ópticamente transparentes, SiN<sub>x</sub>, ZnS, TiO<sub>2</sub>, SiO<sub>2</sub>, SiO<sub>x</sub>N<sub>y</sub> y Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.
5. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que la capa de revestimiento de chapa (22) está hecha de un material seleccionado del grupo que consiste en Ag y Cu.
6. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que los contactos eléctricos (14) forman un patrón diseñado para recoger corriente.
7. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que dicho dispositivo es una célula solar.
8. Dispositivo según la reivindicación 7, caracterizado por que dicha célula solar es una célula solar de heterounión de silicio.
9. Método para producir un dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado por que comprende las etapas de:  
 proveer una superficie conductiva (12),  
 depositar, sobre dicha superficie conductiva (12), semillas conductivas (16) en lugares correspondientes a las posiciones de los contactos eléctricos (14),  
 depositar una capa eléctricamente aislante (18) sobre toda la superficie conductiva (12) con el fin de formar una capa eléctricamente aislante discontinua en la región de las semillas conductivas (16) y proveer, en dicha capa aislante discontinua, aberturas (20) que dejan acceso a dichas semillas conductivas (16) y con el fin de formar una capa eléctricamente aislante continua en el resto de la superficie conductiva (12),  
 cubrir la capa eléctricamente aislante discontinua (18) y las semillas conductivas (16) que son accesibles a través de dichas aberturas (20) con una placa de revestimiento de chapa (22), comenzando dicha capa de revestimiento de chapa (22) a expandirse desde dichas semillas conductivas (16) accesibles a través de dichas aberturas (20).
10. Método según la reivindicación 9, caracterizado por que las semillas conductivas (16) se forman depositando una pasta conductiva que tiene la rugosidad y porosidad adecuada, permitiendo el crecimiento de la capa de revestimiento de chapa (22).
11. Método según la reivindicación 10, caracterizado por que la pasta se deposita mediante un método seleccionado del grupo que consiste en impresión serigráfica, impresión por cliché, impresión a chorro de tinta, aerosol, jeringa, para formar un patrón adecuada para recoger corriente del dispositivo.
12. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, caracterizado por que la capa eléctricamente aislante (18) comprende una capa o una pila de capas hecha de materiales seleccionados del grupo que consiste en MgF y otros compuestos de Flúor ópticamente transparentes, SiN<sub>x</sub>, SiO<sub>2</sub>, ZnS, TiO<sub>2</sub>, SiO<sub>x</sub>N<sub>y</sub> y Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.
13. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, caracterizado por que la capa eléctricamente aislante (18) es ópticamente transparente.
14. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 13, caracterizado por que el material de la capa de revestimiento de chapa (22) se selecciona del grupo que consiste en Ag y Cu.

15. Uso del método definido en las reivindicaciones 9 a 14 para producir una célula solar, y más particularmente una célula solar de heterounión de silicio.



**FIG. 1**



**FIG. 2**



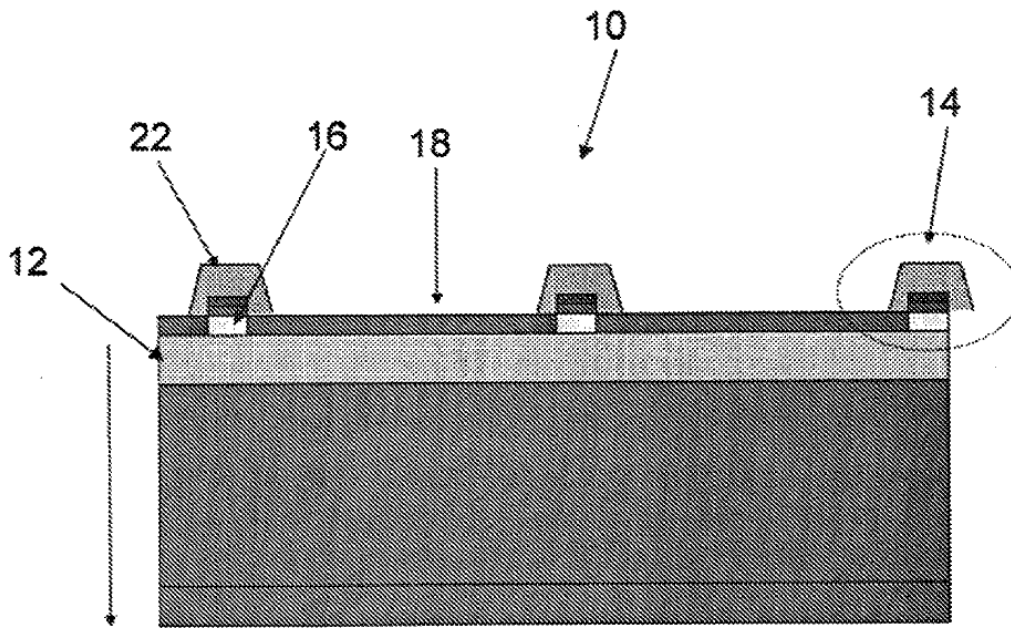


FIG. 3

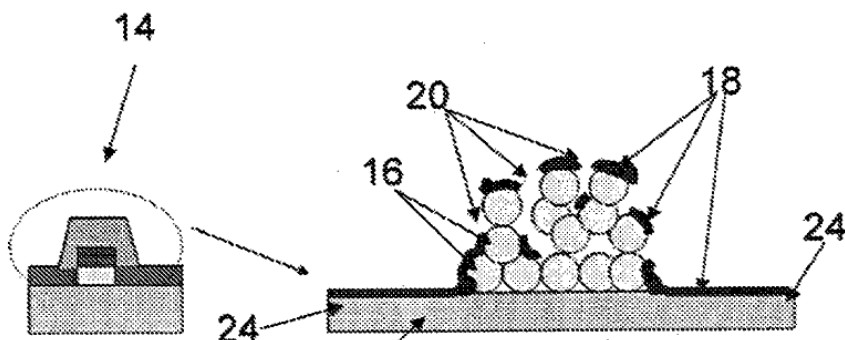


FIG. 4a

FIG. 4b

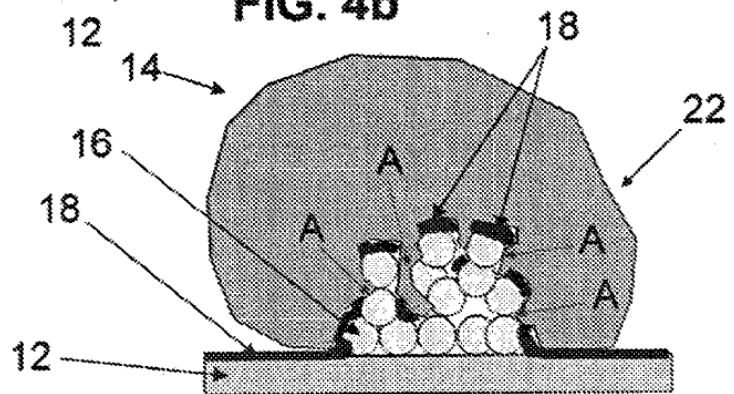
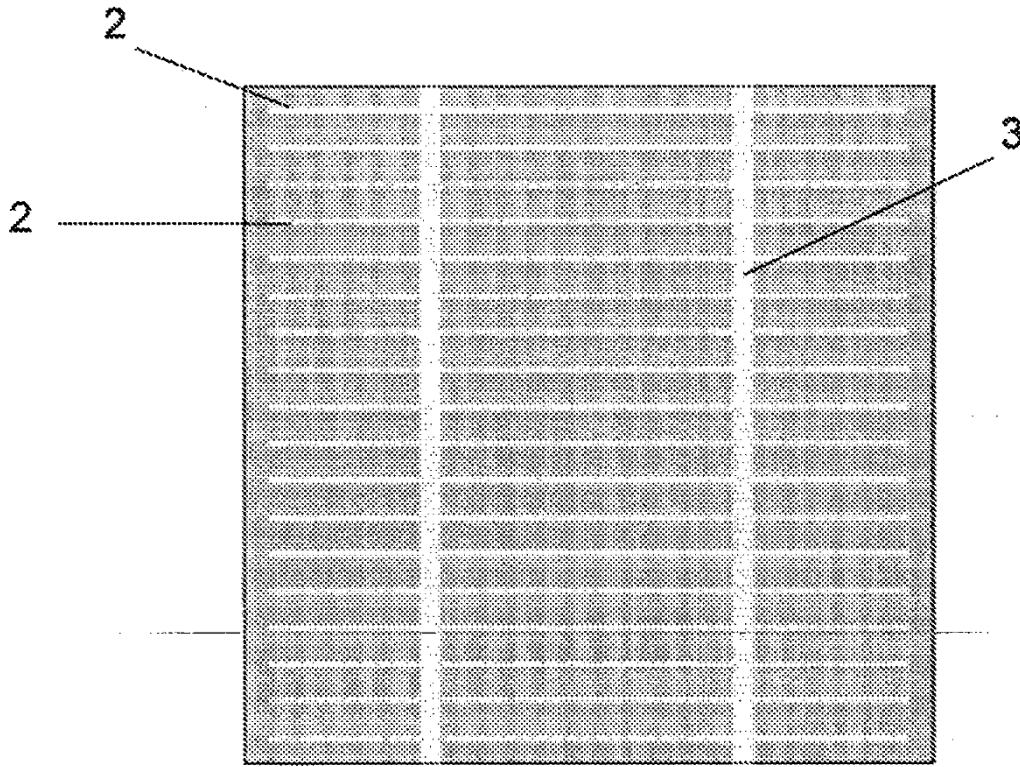
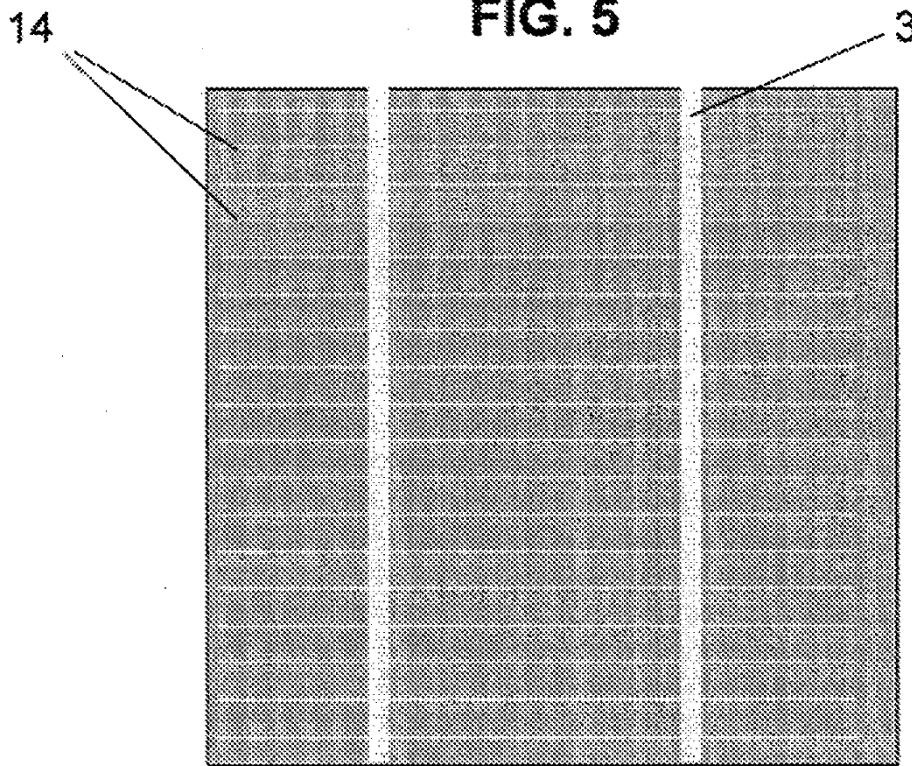


FIG. 4c



**FIG. 5**



**FIG. 6**