

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 009 938**

51 Int. Cl.:

H01L 31/048 (2014.01)

H01L 31/054 (2014.01)

H01L 31/05 (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.02.2023** **E 23158657 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.02.2025** **EP 4235814**

54 Título: **Módulo de células solares y su método de fabricación**

30 Prioridad:

25.02.2022 CN 202210177254

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
31.03.2025

73 Titular/es:

JA SOLAR TECHNOLOGY YANGZHOU CO., LTD.
(100.00%)
No.1 Jianhua Rd, Yangzhou Economic
Development Zone
Yangzhou City, Jiangsu Province 225009, CN

72 Inventor/es:

CHEN, HONGYUE;
ZHOU, YANFANG y
NIU, XINWEI

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 3 009 938 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Módulo de células solares y su método de fabricación

Campo técnico

Las realizaciones de la presente invención se refieren a un método de fabricación de un módulo de células solares.

5 Antecedentes

Con el continuo desarrollo de la industria, la posibilidad de fabricación de silicio cristalino ha ido mejorando constantemente y se han utilizado diversas obleas de silicio de gran tamaño en la industria fotovoltaica. Al mismo tiempo, la investigación sobre células solares de alta eficiencia está también progresando continuamente. En la actualidad, la cuota de mercado de una célula solar de múltiples barras colectoras de gran tamaño es cada vez mayor y la célula solar de múltiples barras colectoras de gran tamaño tiene las ventajas de alta eficiencia y bajo coste. Actualmente, las tiras de soldadura que se utilizan habitualmente para una célula solar son una tira de soldadura circular, una tira de soldadura plana, etc. En la célula solar es necesario reducir el sombreado mediante una tira de soldadura de metal y reducir la distancia entre el material de la placa posterior y la célula solar, mejorando así la eficiencia de extracción de luz. El documento WO 2012/114638 A1 describe un módulo de células solares que tiene una estructura de vidrio laminado en donde un elemento de célula solar está interpuesto entre un vidrio de superficie receptora de luz y un vidrio de superficie posterior. El documento JP 2014 157846 A describe un dispositivo fotovoltaico, un miembro de cambio de trayectoria óptica previsto en al menos una parte de la periferia del dispositivo fotovoltaico para cambiar una trayectoria óptica de luz incidente y dispuesto de manera que cubra el dispositivo fotovoltaico y el miembro de cambio de trayectoria óptica. El documento JP S56 60071 A describe un método de fabricación para un panel de batería solar. El documento US 8 785 764 B2 describe un dispositivo de conversión fotoeléctrica con una entrada de electrolito que tiene un alto resultado de sellado. El documento WO 2021/203984 A1 describe un módulo fotovoltaico.

Sumario

La presente invención es definida por la reivindicación independiente. Se describen realizaciones ventajosas en las reivindicaciones dependientes, la siguiente descripción y los dibujos. Una realización de la presente invención proporciona un método de fabricación de una célula solar que puede reducir la cantidad total del material encapsulante utilizado, reducir el espesor de la capa de material encapsulante y reducir la distancia entre el material de la placa posterior y la cadena de células solares y/o la distancia entre el material de la placa frontal y la cadena de células solares, también puede evitar que un cuerpo cargado (por ejemplo, la tira de soldadura) esté en contacto directo con el vidrio y mejorar el resultado contra degradación inducida por potencial (PID) del módulo.

En un primer aspecto es proporcionado el método de fabricación de un módulo de células solares que incluye, entre otras cosas: proporcionar una cadena de células solares; fabricar una placa posterior, siendo abierto un orificio reservado en la placa posterior; proporcionar una placa frontal; disponer la cadena de células solares sobre la placa frontal; inyectar un material encapsulante; y curar el material encapsulante, para obtener el módulo de células solares.

En un segundo aspecto, que no cae dentro del alcance de protección, es proporcionado un módulo de células solares que es fabricado utilizando el método de fabricación según el primer aspecto.

Breve descripción de los dibujos

Para ilustrar claramente la solución técnica de las realizaciones de la invención, a continuación se describirán brevemente los dibujos de las realizaciones; es obvio que los dibujos descritos solo se refieren a algunas realizaciones de la invención y, por lo tanto, no son limitativos de la invención.

FIG. 1, es un diagrama de flujo de un ejemplo de método de fabricación de un módulo de células solares de una realización de la presente divulgación;

FIG. 2a, es una vista en planta ilustrativa de una placa posterior;

FIG. 2b, es una vista en sección transversal de la placa posterior tomada a lo largo de la línea A-A' en la FIG. 2a;

FIG. 3a, es una vista en planta ilustrativa de una placa frontal;

FIG. 3b, es una vista en sección transversal de la placa frontal tomada a lo largo de la línea B-B' en la FIG. 3a;

FIG. 4, es un diagrama esquemático de una cadena de células solares dispuesta entre la placa frontal y la placa posterior;

FIG. 5, es un diagrama esquemático de una cadena de células solares dispuesta entre un vidrio de placa frontal y la placa posterior;

FIG. 6, es un diagrama esquemático de una cadena de células solares dispuesta entre la placa frontal y la placa posterior; y

FIG. 7, es un diagrama esquemático ilustrativo de un módulo de células solares.

Descripción detallada

5 Para poner de manifiesto los objetos, detalles técnicos y ventajas de las realizaciones de la invención, las soluciones técnicas de la realización serán descritas de una manera clara y totalmente comprensible en relación con los dibujos relacionados con las realizaciones de la invención. Es obvio que las realizaciones descritas son solo una parte, pero no la totalidad de realizaciones de la invención.

10 A menos que se defina lo contrario, todos los términos técnicos y científicos utilizados en la presente memoria tienen los mismos significados que entiende comúnmente una persona con conocimientos ordinarios en la técnica a la que pertenece la presente divulgación. Términos, tales como "primero", "segundo" o similares que son utilizados en la descripción y las reivindicaciones de la presente divulgación, no tienen por objeto indicar ninguna secuencia, cantidad o importancia, sino distinguir varios componentes. Términos, tales como "comprende/que comprende", "incluye/que incluye" o similares, tienen por objeto especificar que los elementos o los objetos indicados antes de estos términos abarcan los elementos o los objetos y equivalentes de los mismos enumerados después de estos términos, pero no excluyen otros elementos u objetos. Términos, tales como "conecta/que conecta/conectado", "acopla/que acopla/acoplado" o similares, no se limitan a una conexión física o una conexión mecánica, sino que pueden incluir una conexión/acoplamiento eléctrico, directo o indirecto. Los términos "encima", "debajo", "izquierda", "derecha" o similares solo se utilizan para indicar una relación de posición relativa, y cuando la posición del objeto que se describe cambia puede cambiar en consecuencia la relación de posición relativa.

15 En una célula solar, una estructura de tira de soldadura circular puede reducir el sombreado de una tira de soldadura de metal y puede reflejar la luz incidente desde varios ángulos, por lo que actualmente todos los módulos de múltiples barras colectoras convencionales en el mercado utilizan la tira de soldadura circular. El espesor de una tira de soldadura plana suele ser de 0,125 mm. Cuando las tiras de soldadura tienen la misma superficie de sección transversal, el diámetro de la tira de soldadura circular correspondiente también es de aproximadamente 0,35 mm (originalmente, el diámetro de la tira de soldadura circular es de 0,4 mm), que es 3 veces el diámetro de la tira de soldadura plana. Para garantizar la flexibilidad del módulo en un proceso de laminación y la fiabilidad en un momento posterior, la película encapsulante requerida por el módulo también es más gruesa que la de un módulo convencional, su espesor suele ser más de 2 veces el del módulo convencional y su peso es más de 1,5 veces el del módulo convencional. Además, incluso si la película encapsulante es gruesa, debido al gran diámetro de la tira de soldadura circular y la influencia del proceso de laminación, no se puede garantizar que la tira de soldadura circular pueda ser protegida por el material encapsulante y habrá un espacio más grande entre el material de la placa posterior y la célula solar.

20 Cuando más cerca esté el material de la placa posterior (tal como una placa posterior de vidrio) de la célula solar, más fuerte será el efecto de reflexión sobre la luz que pasa a través de la célula solar; y cuanto mayor sea la distancia entre la célula solar y el material de la placa posterior, menor será la potencia del módulo.

25 Además, a medida que se aplican de forma más generalizada baterías de gran tamaño, el tamaño del módulo también aumenta, por lo que la cantidad de material encapsulante utilizado y el peso del módulo también aumentan, el coste del módulo también se incrementa y la dificultad en el transporte e instalación del módulo también aumenta. Cómo garantizar la fiabilidad del módulo a la vez que se reduce el peso del módulo es un tema de investigación clave en toda la industria tras la aplicación generalizada de las baterías de gran tamaño.

En la actualidad, en la industria se adoptan los dos esquemas siguientes:

1. Reducción del diámetro de la tira de soldadura circular

30 Problemas existentes: a. En la actualidad, el diámetro de la tira de soldadura circular puede ser tan pequeño como 0,2 mm eventualmente. Sin embargo, debido a la reducción del diámetro de la tira de soldadura, si no se cambia la batería, aumentará la pérdida de potencia del módulo y se sacrificará potencia; si se optimiza, es necesario cambiar la batería, lo que aumenta el número de barras colectoras y aumenta el consumo de pasta de plata de la batería y la cantidad de tiras de soldadura utilizadas; b. Una vez que la tira de soldadura se vuelve más delgada, el límite de elasticidad de la tira de soldadura se reduce, por lo que es fácil que se rompa durante el proceso de fabricación; la tira de soldadura es blanda y es difícil de estirar y la tira de soldadura se doblará, por lo que la precisión de la soldadura en serie empeora, la soldadura es difícil y aumenta la tasa de defectos;

35 2. Utilización de una tira de soldadura segmentada. Una superficie frontal del módulo utiliza una tira de soldadura circular o triangular para garantizar el uso completo de la luz y una superficie posterior del mismo utiliza una tira de soldadura plana. Problemas existentes: a. La potencia de la superficie posterior es sacrificada en aproximadamente un 3 %; b. Es difícil preparar la tira de soldadura segmentada, y debido a que la tensión residual en una interfaz de segmentos es relativamente grande, la tira de soldadura segmentada es relativamente fácil de romper; además, es necesario fijar un patrón de la misma y no es fácil cambiar la longitud de la tira de soldadura segmentada una vez fijada; c. Durante un proceso de soldadura, es necesario modificar los dispositivos para identificar la tira de soldadura

y también es necesario evitar la torsión de la tira de soldadura, lo que hace aumentar la tasa de defectos del proceso.

Por lo tanto, es necesario reducir el espesor de una capa de material encapsulante, por ejemplo el espesor de la capa de material encapsulante en la superficie posterior, reducir la cantidad de material encapsulante utilizado y reducir la distancia entre el material de la placa posterior y la célula solar, sin reducir el diámetro de la tira de soldadura circular utilizada actualmente, a la vez que se garantiza un límite de elasticidad suficiente de la tira de soldadura y una pequeña pérdida de potencia de la batería; además, también se puede evitar que un cuerpo cargado (por ejemplo, la tira de soldadura) esté en contacto directo con el vidrio, reducir la influencia de los iones de sodio y mejorar el resultado contra degradación inducida por potencial (PID) del módulo.

Las realizaciones de la presente divulgación proporcionan un módulo de células solares y un método de fabricación del mismo. El método de fabricación incluye: proporcionar una cadena de células solares; fabricar una placa posterior en la que se abre un orificio reservado en la placa posterior; proporcionar una placa frontal; disponer la cadena de células solares sobre la placa frontal; inyectar un material encapsulante; y curar el material encapsulante para obtener el módulo de células solares. De esta manera, el material encapsulante es inyectado a través de un orificio de inyección o es inyectado directamente y el material encapsulante es curado directamente sin un proceso de laminación. Dado que no se realiza ningún proceso de laminación, se evita la presión ejercida por el proceso de laminación sobre la cadena de células solares, evitando así que la cadena de células solares presente defectos, tales como grietas ocultas y fracturas causadas por presión y evitando la rotura de la tira de soldadura debido a presión, etc. Además, dado que la fluidez del material encapsulante líquido es muy buena, el espacio se puede rellenar bien, con lo que se reduce la cantidad de material encapsulante utilizado, se reduce el espesor de la capa de material encapsulante y se reduce la distancia entre el material de la placa posterior y la cadena de células. Además, la placa frontal y la placa posterior están unidas por un esmalte de vidrio y el esmalte de vidrio puede asegurar un espacio entre la placa frontal y la cadena de células solares y un espacio entre la placa posterior y la cadena de células solares, de modo que la tira de soldadura no puede entrar en contacto directo con el material de la placa frontal y el material de la placa posterior. De esta manera, el esmalte de vidrio actúa como un marco de soporte entre la placa frontal, la placa posterior y la cadena de células solares y el material encapsulante es rellenado en los espacios soportados por estos marcos, de modo que se garantiza que la tira de soldadura esté bien protegida y se garantiza que sea rellenado un material encapsulante flexible entre la tira de soldadura y el material de la placa posterior (especialmente una placa posterior de vidrio) para proteger completamente la tira de soldadura, mejorar la elasticidad de la célula solar y evitar defectos, tales como la rotura de la tira de soldadura de la célula solar y daños a la célula solar. Además, el soporte del esmalte de vidrio evita que un cuerpo cargado (tal como una tira de soldadura, una célula solar, etc.) entre en contacto directo con el vidrio, reduce la influencia de los iones de sodio y mejora el rendimiento anti-PID del módulo. De esta manera, sin reducir el diámetro de la tira de soldadura circular utilizada actualmente y garantizando al mismo tiempo el límite de elasticidad suficiente de la tira de soldadura y la poca pérdida de potencia de la batería, se reduce la distancia entre el material de la placa posterior y la célula solar, es decir, se reduce el espesor de la película encapsulante en la superficie posterior; y se puede garantizar que la película encapsulante en el módulo de células solares pueda envolver la superficie posterior de la tira de soldadura lejos de la célula solar, es decir, la superficie que mira hacia el material de la placa posterior, para proteger completamente la tira de soldadura.

Además, para las otras tiras de soldadura distintas de la tira de soldadura circular, así como las barras colectoras, al no utilizar ningún proceso de laminación o utilizar el proceso de laminación con pequeña presión en la presente divulgación, se puede reducir la cantidad del material encapsulante utilizado, se puede reducir la distancia entre el material de la placa posterior y la cadena de células solares, se puede mejorar la fuerza de adhesión del material de la placa posterior a la cadena de células solares y el material de la placa frontal, la tira de soldadura está completamente protegida y se mejoran la estabilidad y el rendimiento del módulo de células solares.

A continuación se describirá a modo de ejemplo el método de fabricación del módulo de células solares según las realizaciones de la presente invención con referencia a los dibujos adjuntos.

La FIG. 1 muestra un diagrama de flujo ejemplar de un método de fabricación de un módulo de células solares según una realización de la presente divulgación. Como se muestra en la FIG. 1, el método de fabricación de un módulo de células solares incluye: proporcionar una cadena de células solares; fabricar una placa posterior en la que se abre un orificio reservado en la placa posterior; proporcionar una placa frontal; disponer la cadena de células solares sobre la placa frontal; inyectar un material encapsulante; y curar el material encapsulante, para obtener el módulo de células solares.

Por ejemplo, en una realización de la presente divulgación, proporcionar una cadena de células solares puede incluir: conectar una pluralidad de células solares; soldar una pluralidad de tiras de soldadura en al menos una superficie de la pluralidad de células solares, para formar la cadena de células solares; y detectar la cadena de células solares conectada con la pluralidad de tiras de soldadura, en donde la cadena de células solares incluye un cable.

Por ejemplo, la detección puede ser una detección de electroluminiscencia (EL).

Por ejemplo, la cadena de células solares puede incluir una cadena de células solares o varias cadenas de células solares, es decir, las células solares están formadas en una pluralidad de filas y columnas, las células solares en cada fila están conectadas entre sí para formar una cadena de células solares y las células solares en diferentes cadenas

están conectadas también mediante tiras de soldadura o barras colectoras para formar la cadena de células solares.

Por ejemplo, se puede disponer una pluralidad de tiras de soldadura sobre una superficie frontal de la pluralidad de células solares, y la pluralidad de tiras de soldadura son soldadas sobre la superficie frontal de las células solares, o una pluralidad de tiras de soldadura puede ser dispuesta y soldada sobre una superficie posterior de las células solares, o las tiras de soldadura pueden ser dispuestas y soldadas tanto sobre la superficie posterior como sobre la superficie frontal de las células solares. Los expertos en la técnica pueden disponer las tiras de soldadura según sea necesario.

Según la presente invención, la fabricación de una placa posterior, en la que se abre un orificio reservado en la placa posterior, incluye: proporcionar un vidrio de placa posterior y formar el orificio reservado en el vidrio de placa posterior; e imprimir el esmalte de vidrio en una periferia y una porción de una región media del vidrio de placa posterior mediante el uso de una plantilla, en la que el orificio reservado está configurado también para sacar un cable de la cadena de células solares. Al disponer el esmalte de vidrio en la porción de la región media del material de la placa posterior, después del curado, el esmalte de vidrio puede actuar como un material reflectante que puede reflejar la luz solar incidente sobre el mismo de vuelta a las células solares, mejorando así aún más la tasa de conversión de la luz. La FIG. 2a muestra una vista en planta de una placa posterior. En una placa posterior 7 se abre un orificio reservado 16 en un vidrio de placa posterior 7a y se forma un esmalte de vidrio 15 en forma de rejilla y es dispersado en una periferia y el medio del vidrio de placa posterior 7a. La FIG. 2b es una vista en sección transversal de la placa posterior tomada a lo largo de la línea A-A' en la FIG. 2a; el esmalte de vidrio 15 está dispuesto en la periferia y la porción de la región media del vidrio de placa posterior 7a; aquí, la vista en sección transversal del vidrio de la placa posterior no está tomada en el orificio reservado 16, pero el orificio reservado atraviesa todo el vidrio de la placa posterior.

Por ejemplo, la formación de un orificio reservado en el vidrio de la placa posterior se puede realizar perforando un orificio y el orificio reservado puede estar localizado en un borde del módulo de células solares, lo que facilita la salida del cable para la conexión eléctrica.

En particular, en un ejemplo, proporcionar una placa frontal puede incluir: proporcionar un vidrio de placa frontal; e imprimir el esmalte de vidrio en una periferia del vidrio de placa frontal mediante el uso de una plantilla. La FIG. 3a muestra una vista en planta de una placa frontal. En una placa frontal 3 se forma un esmalte de vidrio 14 en una periferia de un vidrio de placa frontal 3a. La FIG. 3b muestra una vista en sección transversal de la placa frontal tomada a lo largo de la línea B-B' en la FIG. 3a.

Por ejemplo, en las FIGS. 2b y 3b, el esmalte de vidrio se muestra como una tira continua, pero la forma del esmalte de vidrio no está limitada. Por ejemplo, el esmalte de vidrio puede estar dispuesto como tiras segmentadas en la porción de la región media, que no está limitada en esta realización y el esmalte de vidrio puede ser dispuesto según los requisitos de unión.

Por ejemplo, después de disponer la cadena de células solares sobre la placa frontal, y antes de inyectar un material encapsulante, el método de fabricación puede incluir además: disponer la placa posterior sobre la cadena de células solares para intercalar la cadena de células solares entre la placa frontal y la placa posterior; y la inyección de un material encapsulante incluye: inyectar el material encapsulante a través del orificio reservado.

Por ejemplo, después de inyectar un material encapsulante, y antes de curar el material encapsulante, el método de fabricación de un módulo de células solares según esta realización incluye además: disponer la placa posterior en la cadena de células solares sobre la que está dispuesto el material encapsulante para intercalar la cadena de células solares y el material encapsulante entre la placa frontal y la placa posterior; y la inyección del material encapsulante incluye: inyectar directamente el material de empaque entre la cadena de células solares y el vidrio de la placa frontal y sobre la cadena de células solares.

En particular, en un ejemplo, la disposición de la cadena de células solares sobre la placa frontal incluye: transportar la cadena de células solares hasta la placa frontal utilizando un manipulador; la disposición de la placa posterior sobre la cadena de células solares, intercalar la cadena de células solares entre la placa frontal y la placa posterior incluye: disponer la placa posterior sobre un lado de la cadena de células solares opuesto a la placa frontal; sacar el cable de la cadena de células solares a través del orificio reservado; y alinear el esmalte de vidrio de la placa frontal con un esmalte de vidrio de la placa posterior y alinear y fijar la placa posterior, la placa frontal y la cadena de células solares; aplicar presión a la placa posterior; curar los esmaltes de vidrio de la placa frontal y la placa posterior. Aquí, la cadena de células solares puede incluir múltiples filas y columnas de células solares y las células solares conectadas están dispuestas sobre la placa frontal. Mientras se pueda evitar un cambio de posición de la placa frontal, la placa posterior y la cadena de células solares, la presión aplicada durante el curado es suficiente, la cual es mucho menor que la presión durante el proceso de laminación de la película encapsulante en un proceso convencional, por lo que no provocará defectos tales como una grieta oculta de la célula solar o una rotura de la tira de soldadura. La FIG. 4 muestra un diagrama esquemático de una cadena de células solares 8 dispuesta entre la placa frontal 3 y la placa posterior 7. Para simplificar la ilustración, las tiras de soldadura en la cadena de células solares no se muestran en el dibujo, pero debería quedar claro para los expertos en la técnica que las tiras de soldadura pueden estar dispuestas en una superficie frontal y/o una superficie posterior de la cadena de células solares 8. Como se puede ver en el dibujo, en una periferia de la célula solar, los esmaltes de vidrio en la placa frontal 3 y la placa posterior 7 están unidos entre sí.

En particular, en un ejemplo, puede no proporcionarse un esmalte de vidrio sobre el vidrio de la placa frontal y proporcionar una cadena de células solares puede incluir: conectar una pluralidad de células solares; soldar una pluralidad de tiras de soldadura sobre al menos una superficie de la pluralidad de células solares, para formar una pluralidad de cadenas de células solares; proporcionar una placa frontal puede incluir: proporcionar un vidrio de placa frontal. La disposición de la cadena de células solares sobre la placa frontal incluye: disponer la pluralidad de cadenas de células solares sobre el vidrio de la placa frontal; conectar la pluralidad de cadenas de células solares en serie o en paralelo; y probar la pluralidad de cadenas de células solares conectadas eléctricamente, por ejemplo realizando una prueba EL. Después de disponer la cadena de células solares sobre la placa frontal, y antes de inyectar un material encapsulante, el método de fabricación incluye además: disponer la placa posterior sobre la cadena de células solares para intercalar la cadena de células solares entre la placa frontal y la placa posterior, lo que incluye: disponer la placa posterior sobre un lado de la cadena de células solares opuesto al vidrio de placa frontal; sacar el cable de la cadena de células solares a través del orificio reservado; y alinear y fijar la placa posterior, el vidrio de placa frontal y la cadena de células solares; aplicar presión a la placa posterior y curar el esmalte de vidrio de la placa posterior. La inyección de un material encapsulante incluye: inyectar el material encapsulante a través del orificio reservado. La FIG. 5 muestra un diagrama esquemático de la cadena de células solares 8 dispuesta entre el vidrio frontal 3a y la placa posterior 7. Por simplicidad de la ilustración se puede ver a partir del dibujo que en la periferia de la cadena de células solares, el esmalte de vidrio en la placa posterior 7 se extiende hasta el vidrio de la placa frontal 3a, para unir el vidrio de la placa frontal, la placa posterior y la cadena de células solares.

O bien, también puede ser: disponer la pluralidad de cadenas de células solares sobre el vidrio de placa frontal; conectar la pluralidad de cadenas de células solares en serie o en paralelo; y después de probar la pluralidad de cadenas de células solares conectadas eléctricamente, por ejemplo, realizar una prueba EL, inyectar directamente el material de empaque en la cadena de células solares, y luego aplicar la placa posterior y curar el material encapsulante, lo cual no está limitado por las realizaciones de la presente divulgación.

En particular, en un ejemplo, el espesor del esmalte de vidrio en el vidrio de placa posterior es de 500 a 800 micrones.

En particular, en un ejemplo, el espesor del esmalte de vidrio sobre el vidrio de placa frontal es de 40 a 60 micrones.

Por ejemplo, el esmalte de vidrio puede ser un esmalte de vidrio de baja temperatura, que puede ser curado a baja temperatura sin sinterizar y puede ser aplicado sobre una superficie de vidrio de la placa frontal terminada o de la placa posterior terminada, de un módulo de células solares. El esmalte de vidrio puede incluir dióxido de titanio, dióxido de silicio, un adhesivo y un disolvente. El adhesivo puede incluir uno o más de: resina epoxi, resina acrílica y silicona.

Por ejemplo, como se muestra en la FIG. 6, la fabricación de una placa posterior, en la que se ha abierto un orificio reservado en la placa posterior, puede incluir además: curar el esmalte de vidrio sobre el vidrio de placa posterior, para obtener una placa posterior 7c; la provisión de una placa frontal puede incluir además: curar el esmalte de vidrio sobre la placa frontal, para obtener la placa frontal 3c; la disposición de la placa posterior sobre la cadena de células solares sobre la cual está dispuesto el material encapsulante, puede incluir: disponer la placa posterior sobre un lado de la cadena de células solares opuesto al vidrio de la placa frontal; y sacar el cable de la cadena de células solares a través del orificio reservado.

En particular, en este ejemplo, antes de que la cadena de células solares sea intercalada entre la placa frontal y la placa posterior, se curan los esmaltes de vidrio de la placa posterior y la placa frontal, donde el esmalte de vidrio puede ser un esmalte de vidrio convencional. El esmalte de vidrio puede incluir dióxido de titanio y dióxido de silicio y el dióxido de silicio actúa como un adhesivo durante la sinterización a alta temperatura. El esmalte de vidrio del vidrio de la placa frontal está situado en la periferia del vidrio de la placa frontal y tiene un espesor de 500 a 800 micrones, el esmalte de vidrio del vidrio de la placa posterior está situado en la periferia y la porción de la región media del vidrio de la placa posterior, el espesor del esmalte de vidrio en la periferia del vidrio de la placa posterior es menor o igual que el espesor del esmalte de vidrio en la periferia del vidrio de la placa frontal y el espesor del esmalte de vidrio en la región de la porción media del vidrio de la placa posterior es de 40 a 60 micrones. Una proyección ortogonal del esmalte de vidrio sobre el vidrio de la placa frontal en la cadena de células solares puede estar situada fuera de una proyección ortogonal del esmalte de vidrio sobre el vidrio de la placa posterior. La FIG. 6 muestra un diagrama esquemático de la cadena de células solares 8 dispuesta entre la placa frontal 3c y la placa posterior 7c. Para simplificar la ilustración, se puede ver a partir del dibujo que en la periferia de la célula solar, el esmalte de vidrio sobre el vidrio de la placa frontal 3a de la placa frontal 3c está situado dentro del esmalte de vidrio sobre la placa posterior 7c. La granalla de vidrio en la periferia del vidrio de la placa frontal tiene un alto espesor, por lo que puede transportar directamente el material encapsulante. El esmalte de vidrio de la placa posterior se superpone con el esmalte de vidrio de la placa frontal y entonces el esmalte de vidrio de la placa posterior está dentro del esmalte de vidrio de la placa frontal. Existe un proceso de extrusión en el proceso de fabricación del módulo, que facilita el contacto entre el material encapsulante y el vidrio de la placa posterior. El exceso de material encapsulante puede desbordarse desde el orificio en el medio y desde la periferia para descargar todo el gas, mejorando así el efecto encapsulante del material encapsulante en el módulo de células solares.

Por ejemplo, una proyección ortogonal del esmalte de vidrio sobre el vidrio de la placa frontal en la cadena de células solares puede estar situada fuera de una proyección ortogonal del esmalte de vidrio sobre el vidrio de la placa posterior, siempre que los dos estén escalonados y puedan ser conectados sin costuras después de intercalar la cadena de

células solares, lo que no está limitado en las realizaciones de la presente divulgación.

En particular, en un ejemplo, el curado del material encapsulante para obtener el módulo de células solares puede incluir: irradiar con luz ultravioleta para curar el material encapsulante; o curar el material encapsulante a alta temperatura.

5 En particular, en un ejemplo, después de curar el material encapsulante, el método de fabricación de un módulo de células solares puede incluir además: aplicar un sellante 9; e instalar un marco 10 para formar el módulo de células solares.

10 Por ejemplo, además, antes de aplicar el sellante, el método de fabricación puede incluir además: aplicar un material de sellado y un desecante entre la placa frontal y la placa posterior y disponer un sellante en un lado exterior del material de la placa posterior y el material de la placa frontal sobre el que se aplica el desecante, para implementar un módulo de células solares sellado de doble capa. El desecante es añadido entre la doble capa sellada, lo que puede evitar además que se filtre vapor de agua desde alrededor del módulo dañando el módulo de células solares y mejorar la estabilidad y el rendimiento del módulo de células solares.

15 Por ejemplo, el material encapsulante puede ser silicona líquida y también puede incluir uno o más de los siguientes: copolímero de etilvinilacetato (EVA), elastómero de poliolefina (POE) y butiral de polivinilo (PVB). Por ejemplo, el material encapsulante puede ser copolímero de etilvinilacetato (EVA), elastómero de poliolefina (POE) o butiral de polivinilo (PVB), o puede ser una mezcla de cualesquiera dos de los tres o una mezcla de los tres.

20 Por ejemplo, el elastómero de poliolefina puede ser uno o más de copolímeros de etileno y buteno, penteno, hexeno u octeno. Cuando el material encapsulante es copolímero de etilvinilacetato (EVA) se pueden utilizar materiales EVA con diferentes contenidos de acetato de vinilo (VA). Cuando el material encapsulante es elastómero de poliolefina, copolímeros de etileno y buteno, penteno, hexeno u octeno o copolímeros de etileno y buteno, penteno, hexeno u octeno con diferentes contenidos de etileno, se puede utilizar una mezcla de dos de EVA, POE y PVB con diferentes contenidos correspondientes, o una mezcla de los tres con diferentes contenidos. Cuando la película de material encapsulante incluye materiales encapsulantes con el mismo componente o composición pero con diferentes contenidos, se pueden considerar como materiales encapsulantes diferentes. Por ejemplo, cuando el material encapsulante es copolímero de etilvinilacetato, cuando los componentes son los mismos pero el contenido de VA es diferente, se puede considerar como un material encapsulante diferente. Cuando el material encapsulante es una mezcla de materiales poliméricos, cuando la composición es la misma pero el contenido es diferente, por ejemplo, cuando el material encapsulante incluye una mezcla de EVA y POE, si el contenido de EVA es diferente, se puede considerar como un material encapsulante diferente. Solo se dan estos dos ejemplos y los expertos en la técnica pueden deducir otros casos, por lo que no se describirán aquí los detalles.

30 Una realización de la presente invención que no cae dentro del alcance de protección proporciona además un módulo de células solares, que es fabricado por cualquiera de los métodos de fabricación descritos anteriormente.

A continuación se dan varios ejemplos del método de fabricación del módulo de células solares según las realizaciones de la presente divulgación con referencia a los dibujos adjuntos.

Ejemplo 1: un método de fabricación ejemplar de un módulo de células solares es el siguiente:

35 El proceso de fabricación del módulo descrito en el ejemplo es el siguiente:

(1) Fabricar una cadena de células solares según un diseño, inspeccionarlas y probarlas;

(2) Realizar el posicionamiento y la disposición según un diseño de circuito; soldar en serie y en paralelo utilizando barras colectoras, para formar una porción de circuito del módulo, es decir la cadena de células solares conectadas eléctricamente; y realizar la detección EL, para garantizar que la célula solar y el circuito no tengan problemas;

40 (3) Fabricar el material de vidrio de placa frontal 3a e imprimir el esmalte de vidrio 14 sobre el material de vidrio de placa frontal 3a utilizando una plantilla, siendo el espesor del esmalte de vidrio de 500 a 800 micrones, como se muestra en las FIGS. 3a y 3b;

45 (4) Fabricar el vidrio de placa posterior 7a e imprimir el esmalte de vidrio 15 sobre el vidrio de placa posterior 7a utilizando una plantilla, siendo el espesor del esmalte de vidrio de 50 micrones, como se muestra en las FIGS. 2a y 2b;

(5) Mover toda la porción de circuito del módulo a la placa frontal 3 utilizando un manipulador, luego cubrir la placa posterior 7 y sacar un cable en la porción de circuito del módulo a través del orificio reservado 16 de la placa posterior 7, para obtener una estructura como la que se muestra en la FIG. 4;

50 (6) Alinear y fijar la periferia del módulo, aplicar presión sobre la placa posterior, luego escanear parcialmente la periferia del módulo usando un láser para curar los esmaltes de vidrio, para asegurar que los esmaltes de vidrio en la superficie frontal y la superficie posterior estén completamente curados y la placa frontal y la placa posterior estén unidas entre sí;

(7) Inyectar silicona líquida a través del orificio reservado 16 en la placa posterior para garantizar que la silicona

líquida cubra completamente la cadena de células solares sin que queden expuestos cables o células solares;

(8) Irradiar la porción sellada del módulo con luz ultravioleta y aplicar una pequeña cantidad de vacío para garantizar que se descarguen las burbujas de aire para completar la operación de curado; y

5 (9) Aplicar el sellante 9, instalar el marco 10 y llevar a cabo otros pasos posteriores para formar el módulo de células solares.

El esmalte de vidrio 14 es aplicado en la periferia del material de vidrio de placa frontal 3a y el esmalte de vidrio 15 es también aplicado en la periferia y la porción de la región media del vidrio de placa posterior 7a. El esmalte de vidrio es un esmalte de vidrio de baja temperatura, que tiene una característica de alta reflexión y contiene dióxido de titanio, dióxido de silicio, un adhesivo y un solvente, etc. El adhesivo es uno o más de resina epoxi, resina acrílica o silicona. 10 El esmalte de vidrio en esta realización es curado a baja temperatura sin sinterizar y puede ser aplicado sobre una superficie de vidrio de la placa fotovoltaica frontal o posterior terminada. Antes de aplicarlo, es necesario asegurarse de que la superficie de vidrio esté limpia para asegurar la adhesión del esmalte de vidrio al vidrio. El material encapsulante es silicona líquida, que tiene alta transmitancia y puede ser curada a alta temperatura o se puede curar con luz.

Ejemplo 2: un método de fabricación ejemplar de un módulo de células solares es el siguiente:

15 El proceso de fabricación del módulo descrito en este ejemplo es el siguiente:

(1) Fabricar una cadena de células solares según un diseño, inspeccionarlas y probarlas;

(2) Colocar el material de vidrio de placa frontal 3a, realizar el posicionamiento y la disposición sobre el material de vidrio de placa frontal 3a según un diseño de circuito; soldar en serie y en paralelo utilizando barras colectoras, para formar una porción de circuito del módulo; y realizar la detección EL, para garantizar que la batería y el circuito 20 no tengan problemas;

(3) Fabricar el vidrio de la placa posterior 7a e imprimir el esmalte de vidrio 14 sobre el vidrio de placa posterior 7a utilizando una plantilla, para formar la placa posterior 7, en donde, una altura del esmalte de vidrio en la periferia del vidrio es de 500 a 800 micrones y una altura de la granalla de vidrio en otras regiones del vidrio es de 50 micrones;

25 (4) Cubrir la placa posterior 7 y sacar un cable en la porción de circuito del módulo a través del orificio reservado 16 de la placa posterior 7, para obtener una estructura como la que se muestra en la FIG. 5;

(5) Fijar la periferia del módulo usando una herramienta, aplicar presión sobre el vidrio de la placa posterior, luego escanear parcialmente usando un láser para curar los esmaltes de vidrio, para asegurar que los esmaltes de vidrio en la superficie frontal y la superficie posterior estén completamente curados y la placa frontal y la placa posterior 30 estén unidas entre sí;

(6) Inyectar silicona líquida a través del orificio reservado 16 en la placa posterior para garantizar que la silicona líquida cubra completamente la cadena de células solares sin que queden expuestos cables o células solares;

(7) Irradiar la porción sellada del módulo con luz ultravioleta y aplicar una pequeña cantidad de vacío para garantizar que se descarguen las burbujas de aire para completar una operación de curado; y

35 (8) Aplicar el sellante 9, instalar el marco 10 y llevar a cabo otros pasos posteriores para formar el módulo de células solares.

El esmalte de vidrio 15 es aplicado en la periferia del vidrio de placa posterior 7a. El esmalte de vidrio 15 es un esmalte de vidrio de baja temperatura, que tiene una característica de alta reflexión y contiene dióxido de titanio, dióxido de silicio, un adhesivo y un solvente, etc. El adhesivo es uno o más de resina epoxi, resina acrílica o silicona. El esmalte 40 de vidrio en esta realización es curado a baja temperatura sin sinterizar y puede ser aplicado sobre una superficie de vidrio de la placa frontal o placa posterior fotovoltaica terminada. Antes de la aplicación, es necesario estar seguro de que la superficie de vidrio esté limpia para asegurar la adhesión del esmalte de vidrio al vidrio. El esmalte de vidrio en la periferia del vidrio tiene dos funciones de reflexión y sellado y su altura es mayor que la de la granalla de vidrio en la periferia de la célula solar en el medio. El material encapsulante es silicona líquida, que tiene alta transmitancia y puede ser curada a alta temperatura o puede ser curada con luz. 45

Ejemplo 3: un método de fabricación ejemplar de un módulo de células solares es el siguiente:

El proceso de fabricación del módulo descrito en este ejemplo es el siguiente:

(1) Fabricar el material de vidrio de la placa frontal 3a, imprimir el esmalte de vidrio 14 sobre el material de vidrio de la placa frontal 3a utilizando una plantilla y sinterizar y curar para formar la placa frontal 3c, como se muestra en la FIG. 6; 50

(2) Fabricar el vidrio de placa posterior 7a, imprimir el esmalte de vidrio 15 sobre el vidrio de placa posterior 7a

utilizando una plantilla y sinterizar y curar para formar la placa posterior 7c, como se muestra en la FIG. 6;

(3) Fabricar una cadena de células solares según un diseño, inspeccionarlas y probarlas;

(4) Colocar la placa frontal 3c, realizar el posicionamiento y la disposición en la placa frontal 3c según un diseño de circuito; soldar en serie y en paralelo utilizando barras colectoras, para formar una porción de circuito del módulo; y realizar la detección EL para garantizar que la batería y el circuito no tengan problemas;

(5) Inyectar silicona líquida en la placa frontal 3c para garantizar que la silicona líquida cubra completamente la cadena de células solares sin que queden expuestos cables o células solares;

(6) Cubrir la placa posterior 7c y sacar un cable en la porción de circuito del módulo a través del orificio reservado 16 de la placa posterior 7c;

(7) Inyectar suplementariamente la silicona líquida a través de un orificio de salida de cable 16 del cristal de la placa posterior para asegurar la descarga de burbujas de aire;

(8) Irradiar la porción sellada del módulo con luz ultravioleta y aplicar una pequeña cantidad de vacío para garantizar que se descarguen las burbujas de aire para completar una operación de curado; y

(9) Aplicar el sellante 9, instalar el marco 10 y llevar a cabo otros pasos posteriores para formar el módulo de células solares.

El esmalte de vidrio 14 es aplicado en la periferia del material de vidrio de placa frontal 3a y el esmalte de vidrio 15 es también aplicado en la periferia del vidrio de placa posterior 7a. El esmalte de vidrio es un esmalte de vidrio convencional que puede ser sinterizado a alta temperatura, tiene también alta reflectividad, necesita ser impreso en la superficie del vidrio cuando se fabrica el vidrio y ser sinterizado durante el templado para adherirse firmemente a la superficie del vidrio. Las superficies tanto de la placa frontal 3c como de la placa posterior 7c son aplicadas con el esmalte de vidrio y han sido sinterizadas cuando es ensamblado el módulo. El esmalte de vidrio del material de vidrio de placa frontal 3a es aplicado en la periferia del vidrio y tiene un espesor de 500 a 800 micrones; el espesor del esmalte de vidrio en la periferia del vidrio de placa posterior 7a es menor o igual que el espesor del esmalte de vidrio en la periferia del vidrio de placa frontal 3a, el espesor del esmalte de vidrio en la región media del vidrio de placa posterior 7a es de aproximadamente 50 micrones y la longitud y el ancho del esmalte del vidrio de placa frontal 3a son ligeramente mayores que el diámetro interior del esmalte del vidrio de placa posterior 7a. La granalla de vidrio en la periferia del vidrio de la placa frontal tiene un espesor alto, por lo que puede transportar directamente el material encapsulante. El esmalte del vidrio de la placa posterior se superpone con el esmalte del vidrio de la placa frontal y luego el esmalte del vidrio de la placa posterior está dentro del esmalte del vidrio de la placa frontal. Hay un proceso de extrusión en el proceso de fabricación del módulo que facilita el contacto entre el material encapsulante y el vidrio de la placa posterior. El exceso de material encapsulante puede desbordarse desde el orificio en el medio y desde la periferia para descargar todo el gas. El material encapsulante es silicona líquida, que tiene alta transmitancia y puede ser curado a alta temperatura o puede ser curado con luz.

El módulo de células solares y el método de fabricación del mismo proporcionados por las realizaciones de la presente divulgación tienen los siguientes efectos beneficiosos:

1. El material encapsulante es inyectado directamente o es inyectado a través de un orificio de inyección sin un proceso de laminación, lo que evita la presión ejercida por el proceso de laminación sobre la cadena de células solares y así evita que la cadena de células solares presente defectos como grietas ocultas y fracturas causadas por la presión y evita la rotura de la tira de soldadura debido a la presión, etc.;

2. Dado que la fluidez del material encapsulante líquido es muy buena, el espacio puede llenarse bien. En comparación con el proceso convencional que necesita laminar el material encapsulante, puede reducir la cantidad total de material encapsulante utilizado y reducir la distancia entre el material de la placa posterior y la cadena de células solares y/o la distancia entre el material de la placa frontal y la cadena de células solares;

3. La placa frontal con el esmalte de vidrio aplicado en la región de la porción media es incorporada, de modo que después de que la cadena de células solares sea intercalada entre la placa frontal y la placa posterior para formar el módulo de células solares, el esmalte de vidrio en la región de la porción media también puede reflejar la luz solar incidente sobre ella para mejorar la eficiencia de conversión de energía del módulo de células solares;

4. El material encapsulante es aplicado en el proceso posterior, el espacio puede ser rellenado bien con el material para proteger completamente la tira de soldadura y unir mejor el material de la placa posterior y la célula solar;

5. Se utiliza un sellado de doble capa para el módulo de células solares y se añade un desecante entre el sellado de doble capa, lo que evita aún más que el vapor de agua se infiltre alrededor del módulo para dañar el módulo de células solares y mejore la estabilidad y el rendimiento del módulo de células solares.

REIVINDICACIONES

1. Método de fabricación de un módulo de células solares, que comprende:

proporcionar una cadena de células solares (8);

fabricar una placa posterior (7), siendo abierto un orificio reservado (16) en la placa posterior (7);

5 proporcionar una placa frontal (3);

disponer la cadena de células solares (8) sobre la placa frontal (3);

inyectar un material encapsulante; y

curar el material encapsulante, para obtener el módulo de células solares,

10 en el que la fabricación de una placa posterior (7), siendo abierto un orificio reservado (16) en la placa posterior (7), comprende:

proporcionar un vidrio de placa posterior (7a) y formar el orificio reservado (16) en el vidrio de placa posterior (7a); e

imprimir un esmalte de vidrio (15) en una periferia y una porción de una región media del vidrio de placa posterior (7a) utilizando una plantilla,

15 en el que el orificio reservado (16) está configurado también para sacar un cable de la cadena de células solares (8), en el que la provisión de la placa frontal (3) comprende:

proporcionar un vidrio de placa frontal (3a); e

imprimir esmalte de vidrio (14) en una periferia del vidrio de placa frontal (3a) usando una plantilla,

en el que:

20 la provisión de una cadena de células solares (8) comprende:

conectar una pluralidad de células solares;

soldar una pluralidad de tiras de soldadura sobre al menos una superficie de la pluralidad de células solares, para formar una pluralidad de cadenas de células solares;

en el que la disposición de la cadena de células solares (8) sobre la placa frontal (3) comprende:

25 disponer la pluralidad de cadenas de células solares sobre el vidrio de placa frontal (3a);

conectar la pluralidad de cadenas de células solares en serie o en paralelo; y

probar la pluralidad de cadenas de células solares conectadas eléctricamente;

después de disponer la cadena de células solares (8) sobre la placa frontal (3), el método de fabricación comprende además:

30 disponer la placa posterior (7) sobre la cadena de células solares (8), para intercalar la cadena de células solares (8) entre la placa frontal (3) y la placa posterior (7), que comprende:

disponer la placa posterior (7) en un lado de la cadena de células solares (8) opuesto al vidrio de placa frontal (3a);

sacar el cable de la cadena de células solares (8) a través del orificio reservado (16); y

35 alinear y fijar la placa posterior (7), el vidrio de placa frontal (3a) y la cadena de células solares (8);

aplicar presión a la placa posterior (7);

curado del esmalte de vidrio (15) de la placa posterior (7);

en el que la inyección de un material encapsulante comprende:

40 inyectar el material encapsulante a través del orificio reservado (16) después del paso de disponer la placa posterior (7); o

inyectar directamente el material de empaque entre la cadena de células solares (8) y el vidrio de placa frontal (3a) y sobre la cadena de células solares (8) seguido del paso de disponer la placa posterior (7) antes del curado del material encapsulante.

2. Método de fabricación según la reivindicación 1, en el que la disposición de la cadena de células solares (8) sobre la placa frontal (3) comprende:
 - transportar la cadena de células solares (8) a la placa frontal (3) usando un manipulador;
 - la disposición de la placa posterior (7) sobre la cadena de células solares (8), intercalar la cadena de células solares (8) entre la placa frontal (3) y la placa posterior (7), comprende:
 - disponer la placa posterior (7) en un lado de la cadena de células solares (8) opuesto a la placa frontal (3);
 - sacar el cable de la cadena de células solares (8) a través del orificio reservado (16); y
 - alinear el esmalte de vidrio (14) de la placa frontal (3) con el esmalte de vidrio (15) de la placa posterior (7) y alinear y fijar la placa posterior (7), la placa frontal (3) y la cadena de células solares (8);
 - aplicar presión a la placa posterior (7);
 - curado de los esmaltes de vidrio (14,15) de la placa frontal (3) y de la placa posterior (7).
3. Método de fabricación según la reivindicación 1, en el que el curado del material encapsulante para obtener el módulo de células solares, comprende:
 - irradiar con luz ultravioleta para curar el material encapsulante,
 - en el que después de curar el material encapsulante, el método de fabricación comprende además:
 - aplicar un sellante (9); e
 - instalar un marco (10) para formar el módulo de células solares.
4. Método de fabricación según la reivindicación 1, en el que el espesor del esmalte de vidrio (15) sobre el vidrio de placa posterior (7a) es de 500 a 800 micrones y el espesor del esmalte de vidrio (14) sobre el vidrio de placa frontal (3a) es de 40 a 60 micrones.
5. Método de fabricación según la reivindicación 2, en el que el esmalte de vidrio (14, 15) es un esmalte de vidrio de baja temperatura que comprende dióxido de titanio, dióxido de silicio, un adhesivo y un disolvente, el comprendiendo el adhesivo uno o más de resina epoxi, resina acrílica y silicona.
6. Método de fabricación según la reivindicación 1, en el que el esmalte de vidrio (14, 15) es un esmalte de vidrio convencional.
7. Método de fabricación según la reivindicación 6, en el que el esmalte de vidrio (14) sobre el vidrio de placa frontal (3a) está situado en una periferia del vidrio de placa frontal (3a) y tiene un espesor de 500 a 800 micrones, el esmalte de vidrio (15) sobre el vidrio de placa posterior (7a) está situado en una periferia y una porción de una región media del vidrio de placa posterior (7a), un espesor del esmalte de vidrio en la periferia del vidrio de placa posterior (7a) es menor o igual que el espesor del esmalte de vidrio (14) sobre el vidrio de placa frontal (3a) y un espesor del esmalte de vidrio (15) en las porciones de la región media del vidrio de placa posterior (7a) es de 40 a 60 micrones.
8. Método de fabricación según la reivindicación 7, en el que una proyección ortogonal del esmalte de vidrio (15) sobre el vidrio de placa posterior (7a) está situada dentro de una proyección ortogonal del esmalte de vidrio (14) sobre el vidrio de placa frontal (3a).

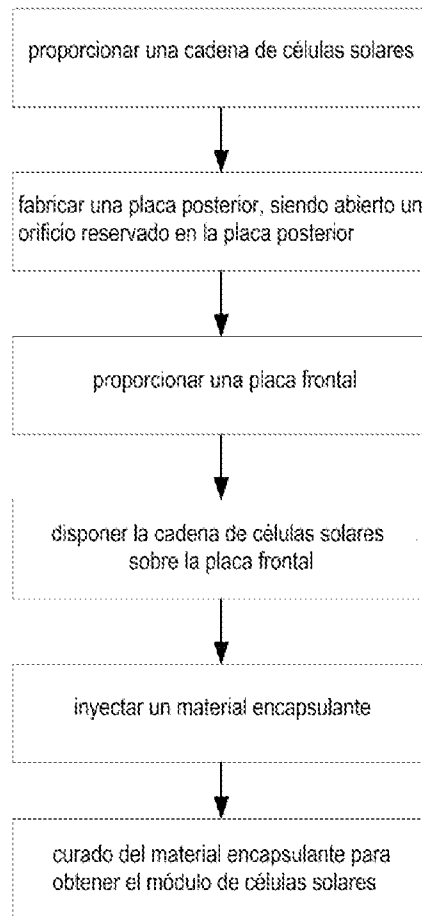


Fig. 1

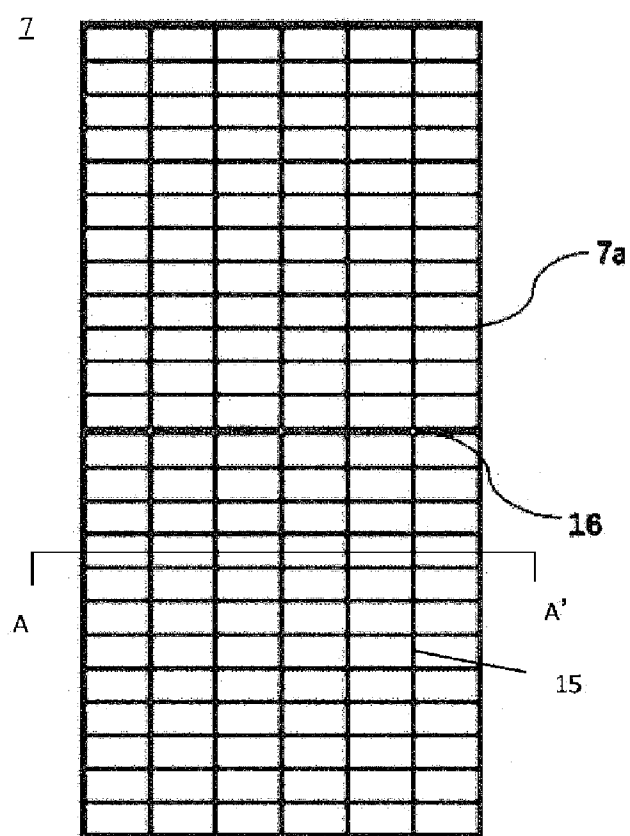


Fig. 2a

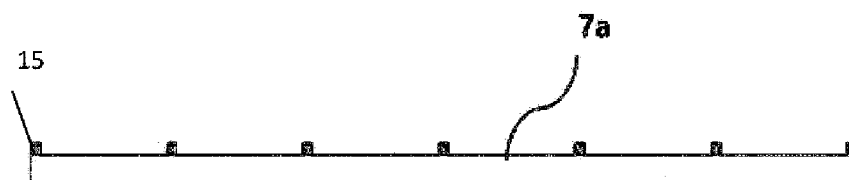


Fig. 2b

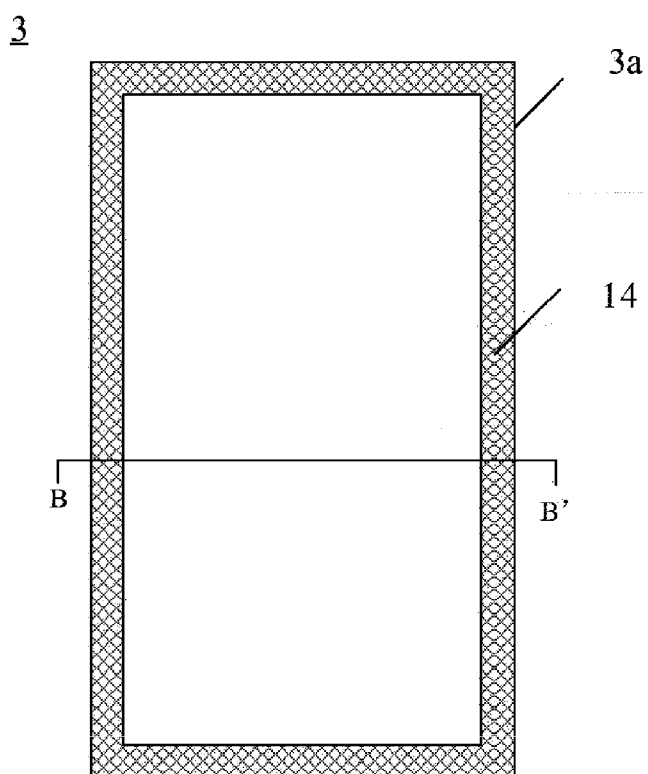


Fig. 3a

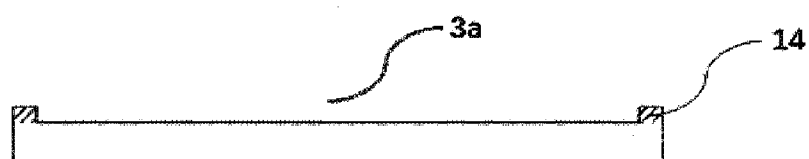


Fig. 3b

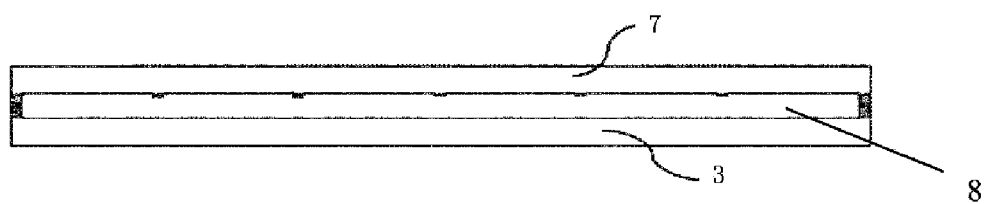


Fig. 4

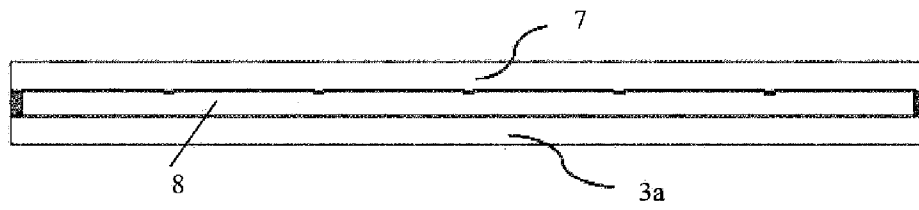


Fig. 5

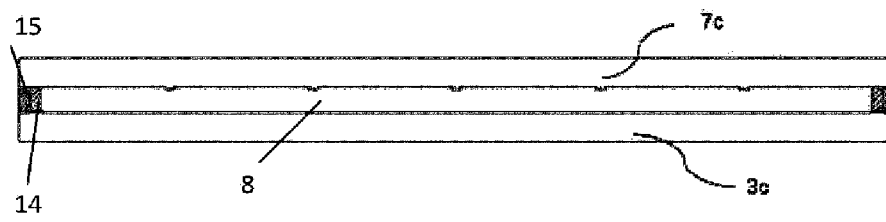


Fig. 6

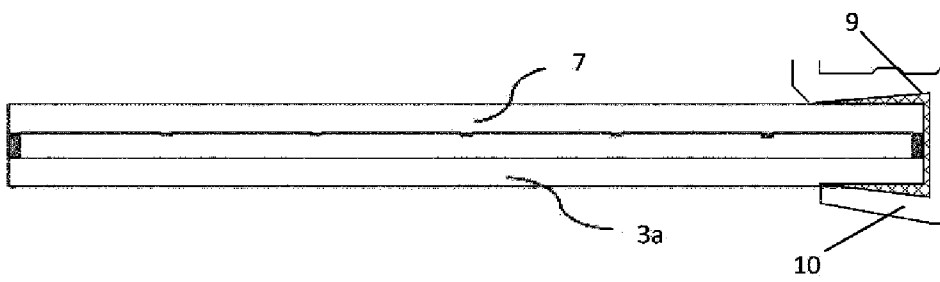


Fig. 7