

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 974 779**

51 Int. Cl.:

H01L 31/0224 (2006.01)

H01L 31/05 (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.09.2015** **E 22184753 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.01.2024** **EP 4092759**

54 Título: **Panel de células solares**

30 Prioridad:

30.09.2014 KR 20140131958

30.04.2015 KR 20150061334

27.07.2015 KR 20150105965

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

01.07.2024

73 Titular/es:

JINGAO SOLAR CO., LTD. (100.0%)

Jinglong Street, Ningjin County

Xingtai City, Hebei Province, CN

72 Inventor/es:

KIM, JINSUNG;

HWANG, SUNGHYUN y

OH, DONGHAE

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 974 779 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

Panel de células solares

5 **Antecedentes de la invención****1. Campo de la invención**

10 Las realizaciones de la presente invención se refieren a una célula solar y un panel de células solares que las incluye, y más particularmente a células solares conectadas por cables y un panel de células solares que las incluye.

2. Descripción de la técnica relacionada

15 Recientemente, a medida que se agotan los recursos energéticos existentes, como el petróleo y el carbón, el interés por las fuentes de energía alternativas está aumentando. En particular, una célula solar se destaca como una célula de próxima generación capaz de convertir la energía solar en energía eléctrica.

20 Una pluralidad de células solares como se mencionó anteriormente se conecta en serie o en paralelo mediante una pluralidad de cintas, y luego se empaqueta a través de un proceso de empaque, para su protección, formando así un panel de células solares. Dado que un panel de células solares de este tipo debe realizar la generación durante un largo periodo de tiempo en diversos entornos, el panel de células solares debe garantizar la fiabilidad a largo plazo. En casos convencionales, una pluralidad de células solares está conectada por cintas, tal como se ha mencionado anteriormente.

25 Sin embargo, cuando las células solares se conectan mediante cintas que tienen un gran ancho de aproximadamente 1,5 mm, puede generarse la pérdida por sombreado debido a un ancho tan grande de las cintas. Por este motivo, debe reducirse el número de cintas usadas para las células solares. Asimismo, las cintas presentan una solidez de unión inferior, o las células solares pueden presentar un mayor grado de flexión debido a las cintas. En tal caso, existe una limitación en la mejora de la potencia de salida del panel de células solares. De forma adicional, las cintas pueden desprenderse de las células solares o las células solares pueden dañarse. Como resultado, el panel de células solares puede exhibir una menor fiabilidad.

30 El documento US 2012/138141 A1 divulga una célula solar que incluye una capa de conversión fotoeléctrica y un electrodo frontal en la capa de conversión fotoeléctrica. El electrodo frontal comprende: un electrodo de barra colectora, al menos un primer electrodo de dedo conectado directamente al electrodo de barra colectora, una pluralidad de electrodos de conexión que se extienden desde el electrodo de barra colectora y tienen un ancho menor que el ancho del electrodo de barra colectora, en donde la pluralidad de electrodos de conexión incluye partes que están separadas entre sí para formar un espacio entre ellas; al menos un segundo electrodo de dedo conectado a al menos uno de la pluralidad de electrodos de conexión, y un electrodo auxiliar formado en el espacio entre las partes de la pluralidad de electrodos de conexión.

35 El documento US 2011/030757 A1 divulga un aparato fotovoltaico que comprende un material fotovoltaico configurado para convertir la energía fotónica en energía eléctrica, y una pluralidad de electrodos conductores configurados para recoger y transferir la energía eléctrica generada por el material fotovoltaico. La disposición de los electrodos conductores de una superficie selectiva de frecuencia (FSS) situada en el trayecto de transmisión o recepción de la antena, la FSS y la antena tienen un espacio entre sí y la proyección de la FSS en el trayecto principal de transmisión o recepción de la antena cubre la antena.

Sumario de la invención

40 Por lo tanto, las realizaciones de la presente invención se han realizado en vista de los problemas anteriores, y es un objeto de las realizaciones de la presente invención proporcionar una célula solar capaz de mejorar la potencia de salida y la fiabilidad de un panel de células solares, y un panel de células solares que incluye las mismas.

45 El objeto de la presente invención se define en la reivindicación 1. De acuerdo con un aspecto de la presente invención, los objetos anteriores y otros pueden lograrse mediante la provisión de un módulo de células solares que comprende: una pluralidad de células solares. Cada una de la pluralidad de células solares incluye: un sustrato semiconductor, una pluralidad de líneas de electrodos de dedo formadas en el sustrato semiconductor en una primera dirección, 6 o más líneas de electrodos de barra colectora formadas para extenderse en una segunda dirección cruzando la pluralidad de líneas de electrodos de dedo, y una pluralidad de secciones de almohadilla formadas en las líneas de electrodos de barra colectora un ancho mayor que las demás secciones de los electrodos de barra colectora. Los 6 o más cables conectan eléctricamente dos células solares vecinas de la pluralidad de células solares, teniendo cada cable una capa central y una capa de revestimiento, y teniendo una sección transversal circular y un primer ancho de 250~500 μm . Los cables están unidos a la pluralidad de secciones de almohadilla, y un ancho de cada sección de almohadilla es igual o mayor que el primer ancho de la capa de revestimiento en la región adyacente a cada sección de almohadilla.

65

Breve descripción de los dibujos

Lo anterior y otros objetos, características y otras ventajas de las realizaciones de la presente invención se entenderán más claramente a partir de la siguiente descripción detallada tomada junto con los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 es una vista en perspectiva que ilustra un panel de células solares según una realización de la presente invención;

5 la figura 2 es una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea II-II de la figura 1;

la figura 3 es una vista en sección que ilustra un ejemplo de la célula solar incluida en el panel de células solares de la figura 1;

la figura 4 es una vista en sección que ilustra otro ejemplo de la célula solar incluida en el panel de células solares de la figura 1;

10 la figura 5 es una vista en perspectiva que ilustra brevemente una primera célula solar y una segunda célula solar, que están conectadas por cables, en el panel de células solares de la figura 1;

la figura 6 ilustra un cable antes de su unión a los electrodos de una célula solar ilustrada en la figura 1, a través de una vista en perspectiva y una vista en sección;

15 la figura 7 es una vista en sección que ilustra el cable unido a secciones de almohadilla del electrodo en la célula solar ilustrada en la figura 1;

la figura 8 es una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea VIII-VIII de la figura 5;

la figura 9 es una vista en planta que ilustra una célula solar incluida en el panel de células solares de la figura 1 y cables conectados al mismo;

20 la figura 10 es una vista en planta que ilustra la célula solar incluida en el panel de células solares de la figura 1; la figura 11 es una fotografía de secciones transversales de células solares, a las que se unen cables que tienen diferentes anchos, respectivamente;

la figura 12 es un gráfico que representa los resultados medidos de la fuerza de fijación del cable a un extremo del electrodo mientras se varía el ancho del cable y la distancia al borde;

25 la figura 13 es un diagrama que representa las salidas del panel de células solares medidas mientras se varía el ancho de cada cable y el número de cables;

la figura 14 es una vista en planta que ilustra una parte de la superficie frontal de una célula solar según otra realización de la presente invención;

la figura 15 es una vista en planta que ilustra una parte de la superficie frontal de una célula solar según otra realización de la presente invención; y

30 la figura 16 es un gráfico que representa los resultados medidos de la fuerza de fijación medida mientras se tira de un cable unido a una célula solar usando un dispositivo experimental.

Descripción detallada de las realizaciones

35 Ahora se hará referencia en detalle a las realizaciones de ejemplo de la presente invención, cuyos ejemplos se ilustran en los dibujos adjuntos. La presente invención puede, sin embargo, realizarse de muchas formas alternas y no debería interpretarse que está limitada a las realizaciones establecidas en el presente documento.

40 En los dibujos, se omite la ilustración de piezas que no tienen relación con las realizaciones de la presente invención para mayor claridad y simplicidad de la descripción. Los mismos números de referencia designan elementos iguales o muy similares a lo largo de la memoria descriptiva. En los dibujos, los espesores, anchos o similares de los elementos están exagerados o reducidos para mayor claridad de la descripción, y no deben interpretarse como limitados a los ilustrados en los dibujos.

45 Se entenderá además que los términos "comprende" y/o "que comprende", o "incluye" y/o "que incluye" cuando se usan en la memoria descriptiva, especifican la presencia de elementos mencionados, pero no excluyen la presencia o adición de uno o más de otros elementos. De forma adicional, debe entenderse que, cuando un elemento tal como una capa, película, región o placa se menciona como si estuviera "sobre" otro elemento, puede disponerse directamente sobre otro elemento o puede disponerse de modo que también esté presente un elemento intermedio entre ellos. En consecuencia, cuando un elemento tal como una capa, película, región o placa está dispuesto "directamente sobre" otro elemento, esto significa que no hay ningún elemento intermedio entre los dos elementos.

50 En adelante en el presente documento, las células solares y los paneles de células solares que incluyen las mismas según realizaciones de la presente invención se describirán en detalle con referencia a los dibujos adjuntos.

55 La figura 1 es una vista en perspectiva que ilustra un panel de células solares según una realización de la presente invención. La figura 2 es una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea II-II de la figura 1.

60 Haciendo referencia a las figuras 1 y 2, el panel de células solares según la realización ilustrada, que se designa con el número de referencia "100", incluye una pluralidad de células solares 150 y cables 142 para conectar eléctricamente las células solares 150. El panel de células solares 100 también incluye un sellador 130 para encerrar y sellar las células solares 150 y los cables 142, un sustrato frontal 110 dispuesto en el lado frontal de las células solares 150, y un sustrato trasero 200 dispuesto en el lado trasero de las células solares 150 sobre el sellador 130. Esto se describirá con más detalle.

65 En primer lugar, cada célula solar 150 puede incluir un convertidor fotoeléctrico para convertir la energía solar en energía

eléctrica, y un electrodo conectado eléctricamente al convertidor fotoeléctrico, para recoger corriente, para la transferencia de la corriente recogida. Las células solares 150 pueden conectarse eléctricamente en serie, en paralelo, o en serie-paralelo por los cables 142. En detalle, las vecinas longitudinalmente de las células solares 150 están eléctricamente conectadas por los correspondientes de los cables 142 y, como tal, las células solares 150 forman cadenas que se extienden en dirección longitudinal.

Las cintas colectoras 145 conectan los extremos opuestos de las cadenas de células solares, en detalle, sus extremos de los cables 142, de manera alterna. Las cintas colectoras 145 pueden disponerse en extremos opuestos de las cadenas de células solares, para extenderse en una dirección que cruza las cadenas de células solares. Las cintas colectoras 145 pueden conectar cadenas de células solares adyacentes, o conectar las cadenas de células solares a una caja de conexiones para evitar el flujo de corriente hacia atrás. El material, forma y estructura de conexión de las cintas colectoras 145 pueden ser diversos y, como tal, las realizaciones de la presente invención no se limitan a ello.

El sellador 130 puede incluir un primer sellador 131 dispuesto en el lado frontal de las células solares 150 y un segundo sellador 132 dispuesto en la parte trasera de las células solares 150. El primer sellador 131 y el segundo sellador 132 bloquean la penetración de la humedad, oxígeno o ambos, lo que puede afectar negativamente a las células solares 150 y permitir el acoplamiento químico de los componentes del panel de células solares 100. El panel de células solares 100 puede tener una estructura integrada. Esto se puede lograr disponiendo el sustrato trasero 200, segundo sellador 132, células solares 150, primer sellador 131 y el sustrato frontal 110 en este orden, y luego aplicando calor y/o presión o similar a la estructura resultante a través de un proceso de laminación.

Como primer sellador 131 y segundo sellador 132, resina de copolímero de etileno acetato de vinilo (EVA), butiral de polivinilo, resina de silicio, resina a base de éster, resina a base de olefina o similar se pueden usar. Por supuesto, las realizaciones de la presente invención no se limitan a tales materiales. En consecuencia, se pueden formar los selladores primero y segundo 131 y 132, usando varios otros materiales, de acuerdo con un método que no sea la laminación. En este caso, los selladores primero y segundo 131 y 132 tienen transparencia óptica, para permitir que la luz incidente a través del sustrato trasero 200 o la luz reflejada desde el sustrato trasero 200 llegue a las células solares 150.

El sustrato frontal 110 está dispuesto sobre el primer sellador 131 y, como tal, constituye una superficie frontal del panel de células solares 100. El sustrato frontal 110 puede estar hecho de un material que tenga una solidez capaz de proteger las células solares 150 del impacto externo o similar y una transparencia óptica capaz de permitir la transmisión de luz tal como la luz solar. Por ejemplo, el sustrato frontal 110 puede estar constituido por un sustrato de vidrio o similar. En este caso, el sustrato frontal 110 puede estar constituido por un sustrato de vidrio reforzado, para la mejora de la solidez. De forma adicional, se pueden aplicar diversas variaciones al sustrato frontal 110. Por ejemplo, el sustrato frontal 110 puede contener adicionalmente diversos materiales capaces de mejorar diversas características. Como alternativa, el sustrato frontal 110 puede ser una lámina o película hecha de resina o similar. Es decir, las realizaciones de la presente invención no se limitan al material del sustrato frontal 110, y el sustrato frontal 110 puede estar hecho de diversos materiales.

El sustrato trasero 200 es una capa dispuesta sobre el segundo sellador 132, para proteger las células solares 150 en la parte trasera de las mismas. El sustrato trasero 200 puede tener funciones impermeables, de aislamiento y bloqueo ultravioleta.

El sustrato trasero 200 puede tener una solidez capaz de proteger las células solares 150 de impactos externos o similares. El sustrato trasero 200 también puede tener características que permitan la transmisión de luz o el reflejo de la luz de acuerdo con una estructura deseada del panel de células solares 150. Por ejemplo, en una estructura del panel de células solares 150, en el que la luz incide a través del sustrato trasero 200, el sustrato trasero 200 puede estar hecho de un material transparente. Por otro lado, en una estructura del panel de células solares 150, en el que la luz se refleja por el sustrato trasero 200, el sustrato trasero 200 puede estar hecho de un material opaco, un material reflectante o similar. Por ejemplo, el sustrato trasero 200 puede tener una estructura de sustrato hecha de vidrio. Como alternativa, el sustrato trasero 200 puede tener una estructura de película o lámina o similar. Por ejemplo, el sustrato trasero 200 puede ser del tipo Tedlar/PET/Tedlar (TPT) o puede tener una estructura en la que se forma resina de fluoruro de polivinilideno (PVDF) o similar sobre al menos una superficie de tereftalato de polietileno (PET). PVDF, que es un polímero que tiene una estructura de $(\text{CH}_2\text{FC}_2)_n$, tiene una estructura molecular de doble flúor y, como tal, tiene excelentes propiedades mecánicas, resistencia a la intemperie y resistencia ultravioleta. Sin embargo, las realizaciones de la presente invención no se limitan al material del sustrato trasero 200.

En adelante en el presente documento, un ejemplo de una célula solar incluida en el panel de células solares según la realización ilustrada de la presente invención se describirá con más detalle con referencia a la figura 3.

Haciendo referencia a la figura 3, la célula solar 150 según la realización ilustrada incluye un sustrato semiconductor 160 que incluye una región base 10, regiones conductoras 20 y 30 formadas en el sustrato semiconductor 160 o sobre el sustrato semiconductor 160, y electrodos 42 y 44 respectivamente conectados a las regiones conductoras 20 y 30. En este caso, las regiones conductoras 20 y 30 pueden incluir una región conductora 20 de primer tipo de conducción que tiene una primera conductividad y una región conductora 30 de segundo tipo de conducción que tiene una segunda conductividad. Los electrodos 42 y 44 pueden incluir un primer electrodo 42 conectado a la región conductora 20 de primer tipo de conducción y un segundo electrodo 44 conectado a la región conductora 30 de segundo tipo de conducción. La

célula solar 150 puede incluir además una primera película de pasivación 22, una película 15 antirreflectante 24, una segunda película de pasivación 32, etc.

5 El sustrato semiconductor 160 puede estar hecho de semiconductor cristalino. Por ejemplo, el sustrato semiconductor 160 puede estar hecho de un semiconductor monocristalino o policristalino (por ejemplo, un silicio monocristalino o policristalino). En particular, el sustrato semiconductor 160 puede estar hecho de un semiconductor monocristalino (por ejemplo, una oblea semiconductor monocristalina, en más detalle, una oblea de silicio monocristalino). Cuando el sustrato semiconductor 160 está hecho de un semiconductor monocristalino (por ejemplo, un silicio monocristalino), la célula solar 150 exhibe defectos reducidos porque la célula solar 150 se basa en el sustrato semiconductor 160, que tiene alta cristalinidad. Así, la célula solar 150 puede tener excelentes características eléctricas.

15 La superficie frontal y/o trasera del sustrato semiconductor 160 puede tener una estructura de superficie desigual que tenga protuberancias y hendiduras a través del texturizado. Por ejemplo, las protuberancias y hendiduras tienen forma de pirámide que tiene una superficie exterior constituida por una superficie orientada (111) del sustrato semiconductor 160 mientras que tiene un tamaño irregular. Por ejemplo, cuando la superficie frontal del sustrato semiconductor 160 tiene una rugosidad superficial aumentada de acuerdo con la formación de protuberancias y hendiduras a través del texturizado, puede ser posible reducir la reflectancia de la luz que incide a través de la superficie frontal del sustrato semiconductor 160. En consecuencia, la cantidad de luz que llega a una unión pn formada por la región base 10 y la región conductora 20 de primer tipo de conducción puede aumentar y, como tal, la pérdida por sombreado se puede minimizar. Sin embargo, las realizaciones de la presente invención no se limitan a la estructura descrita anteriormente. El sustrato semiconductor 20 160 puede no tener, en las superficies frontal y trasera del mismo, protuberancias y hendiduras formadas a través del texturizado.

25 La región base 10 del sustrato semiconductor 160 se puede dopar con un dopante del segundo tipo de conducción a una concentración de dopaje relativamente baja y, como tal, tiene la segunda conductividad. Por ejemplo, la región base 10 puede estar dispuesta más lejos de la superficie frontal del sustrato semiconductor 160 o más cerca de la superficie trasera del sustrato semiconductor 160 que la región conductora 20 del primer tipo de conducción. De forma adicional, la región base 10 puede estar dispuesta más cerca de la superficie frontal del sustrato semiconductor 160 o más lejos de la superficie trasera del sustrato semiconductor 160 que la región conductora 30 del segundo tipo de conducción. Por supuesto, las realizaciones de la presente invención no se limitan a dicha disposición, y la ubicación de la región base 10 puede variar.

35 En este caso, la región base 10 puede estar hecha de un semiconductor cristalino que contiene un dopante del segundo tipo de conducción, por ejemplo, un semiconductor monocristalino o policristalino (por ejemplo, un silicio monocristalino o policristalino) que contiene un dopante del segundo tipo de conducción. En particular, la región base 10 puede estar hecha de un semiconductor monocristalino (por ejemplo, una oblea semiconductor monocristalina, en más detalle, una oblea de silicio monocristalino) que contiene un dopante del segundo tipo de conducción.

40 El segundo tipo de conducción puede ser tipo n o tipo p. Cuando la región base 10 tiene conductividad de tipo n, la región base 10 puede estar hecha de un semiconductor monocristalino o policristalino dopado con un elemento del Grupo V tal como el fósforo (P), arsénico (As), bismuto (Bi) o antimonio (Sb). Por otro lado, cuando la región base 10 tiene conductividad tipo p, la región base 10 puede estar hecha de un semiconductor monocristalino o policristalino dopado con un elemento del Grupo III tal como el boro (B), aluminio (Al), galio (Ga) o indio (In).

45 Por supuesto, las realizaciones de la presente invención no se limitan a los materiales descritos anteriormente, y la región base 10 y el dopante del segundo tipo de conducción pueden estar constituidos por diversos materiales.

50 Por ejemplo, la región base 10 puede tener una conductividad de tipo n. A continuación, la región conductora 20 del primer tipo de conducción, que forma una unión pn junto con la región base 10, tiene conductividad tipo p. Cuando se irradia luz a tal unión pn, los electrones producidos de acuerdo con un efecto fotoeléctrico migran hacia la superficie trasera del sustrato semiconductor 160 y, como tal, se recogen por el segundo electrodo 44. Mientras tanto, los agujeros migran hacia la superficie frontal del sustrato semiconductor 160 y, como tal, se recogen por el primer electrodo 42. Como resultado, se genera energía eléctrica. A continuación, los agujeros que tienen una tasa de movimiento más baja que los electrones migran hacia la superficie trasera del sustrato semiconductor 160, en lugar de la superficie frontal del sustrato semiconductor 160 y, como tal, se puede mejorar la eficiencia de conversión fotoeléctrica. Por supuesto, las realizaciones de la presente invención no se limitan a las condiciones descritas anteriormente, y la región base 10 y la región conductora 30 del segundo tipo de conducción pueden tener conductividad tipo p, y la región conductora 20 del primer tipo de conducción puede tener conductividad tipo n.

60 La región conductora 20 del primer tipo de conducción, que tiene la primera conductividad opuesta a la de la región base 10, puede formarse en el lado de la superficie frontal del sustrato semiconductor 160. La región conductora 20 del primer tipo de conducción forma una unión pn junto con la región base 10 y, como tal, constituye una región emisora 10 para producir portadores de acuerdo con un efecto fotoeléctrico.

65 En la realización ilustrada, la región conductora 20 del primer tipo de conducción puede estar constituida por una región dopada que constituye una parte del sustrato semiconductor 160. En este caso, la región conductora 20 del primer tipo

- de conducción puede estar hecha de un semiconductor cristalino que contiene un dopante del primer tipo de conducción. Por ejemplo, la región conductora 20 del primer tipo de conducción puede estar hecha de un semiconductor monocristalino o policristalino (por ejemplo, un silicio monocristalino o policristalino) que contiene un dopante del primer tipo de conducción. En particular, la región conductora 20 del primer tipo de conducción puede estar hecha de un semiconductor monocristalino (por ejemplo, una oblea semiconductor monocristalina, en más detalle, una oblea de silicio monocristalino) que contiene un dopante del primer tipo de conducción. Cuando la región conductora 20 del primer tipo de conducción constituye una parte del sustrato semiconductor 160, como se ha descrito anteriormente, las características de unión de la región base 10 y la región conductora 20 del primer tipo de conducción pueden mejorarse.
- Por supuesto, las realizaciones de la presente invención no se limitan a las condiciones descritas anteriormente y, la región conductora 20 del primer tipo de conducción puede formarse en el sustrato semiconductor 160, por separado del sustrato semiconductor 160. En este caso, la región conductora 20 del primer tipo de conducción puede estar constituida por una capa semiconductor que tiene una estructura cristalina diferente a la del sustrato semiconductor 160, para su fácil formación sobre el sustrato semiconductor 160. Por ejemplo, la región conductora 20 del primer tipo de conducción puede formarse dopando un semiconductor amorfo, semiconductor microcristalino o semiconductor policristalino (por ejemplo, un silicio amorfo, silicio microcristalino o silicio policristalino), que se pueden fabricar fácilmente a través de diversos métodos, tal como la deposición, con un dopante del primer tipo de conducción. Por supuesto, son posibles otras variaciones.
- El primer tipo de conducción puede ser de tipo p o de tipo n. Cuando la región conductora 20 del primer tipo de conducción tiene conductividad de tipo p, la región conductora 20 del primer tipo de conducción puede estar hecha de un semiconductor monocristalino o policristalino dopado con un elemento del Grupo III tal como el boro (B), aluminio (Al), galio (Ga) o indio (In). Por otro lado, cuando el primer tipo de conducción tiene conductividad de tipo n, la región conductora 20 del primer tipo de conducción puede estar hecha de un semiconductor monocristalino o policristalino dopado con un elemento del Grupo V tal como el fósforo (P), arsénico (As), bismuto (Bi) o antimonio (Sb). Por ejemplo, la región conductora 20 del primer tipo de conducción puede ser un semiconductor monocristalino o policristalino dopado con boro. Por supuesto, las realizaciones de la presente invención no se limitan a los materiales descritos anteriormente, y se pueden usar diversos materiales como dopante del primer tipo de conducción.
- En los dibujos, la región conductora 20 del primer tipo de conducción se ilustra con una estructura homogénea que tiene una concentración de dopaje uniforme en toda la región conductora 20 del primer tipo de conducción. Por supuesto, las realizaciones de la presente invención no se limitan a la estructura descrita anteriormente. En otra realización, la región conductora 20 del primer tipo de conducción puede tener una estructura selectiva, como se ilustra en la figura 4.
- Haciendo referencia a la figura 4, la región conductora 20 del primer tipo de conducción, que tiene una estructura selectiva, puede incluir una primera parte 20a formada junto al primer electrodo 42, para hacer contacto con el primer electrodo 42, y una segunda parte 20b formada en la parte restante de la región conductora 20 del primer tipo de conducción, en concreto, una parte de la región conductora 20 del primer tipo de conducción, excepto la primera parte 20a.
- La primera parte 20a puede tener una alta concentración de dopaje y, como tal, puede tener una resistencia relativamente baja. La segunda parte 20b puede tener una concentración de dopaje más baja que la primera parte 20a y, como tal, puede tener una resistencia relativamente alta. La primera parte 20a puede tener un espesor mayor que la segunda parte 20b. Es decir, la profundidad de unión de la primera parte 20a puede ser mayor que la de la segunda parte 20b.
- Así, en la realización ilustrada, se realiza un emisor poco profundo formando la segunda parte 20b que tiene una resistencia relativamente alta en una parte de la región conductora 20 del primer tipo de conducción, excepto la primera parte 20a. En consecuencia, la densidad de corriente de la célula solar 150 puede mejorarse. De forma adicional, puede ser posible reducir la resistencia de contacto de la región conductora 20 de primer tipo de conducción con el primer electrodo 42 formando la primera parte 20a que tiene una resistencia relativamente baja en una parte de la región conductora 20 del primer tipo de conducción adyacente al primer electrodo 42. En consecuencia, puede conseguirse la máxima eficacia de la célula solar 150.
- La región conductora 20 del primer tipo de conducción puede tener diversas estructuras y diversas formas distintas de las estructuras y formas descritas anteriormente.
- De nuevo haciendo referencia a la figura 3, la región conductora 30 del segundo tipo de conducción, que tiene la segunda conductividad idéntica a la de la región base 10 mientras que tiene una concentración de dopaje más alta que la región base 10, puede formarse en el lado de la superficie trasera del sustrato semiconductor 160. La región conductora 30 del segundo tipo de conducción forma una región de campo de superficie trasera, que genera un campo de superficie trasera, para evitar la pérdida de portadores causada por el reacoplamiento (o recombinación) de los mismos en una superficie del sustrato semiconductor 160 (más detalladamente, la superficie trasera del sustrato semiconductor 160).
- En la realización ilustrada, la región conductora 30 del segundo tipo de conducción puede estar constituida por una región dopada que constituye una parte del sustrato semiconductor 160. En este caso, la región conductora 30 del segundo tipo de conducción puede estar hecha de un semiconductor cristalino que contiene un dopante del segundo tipo de conducción.

Por ejemplo, la región conductora 30 del segundo tipo de conducción puede estar hecha de un semiconductor monocristalino o policristalino (por ejemplo, un silicio monocristalino o policristalino) que contiene un dopante del segundo tipo de conducción. En particular, la región conductora 30 del segundo tipo de conducción puede estar hecha de un semiconductor monocristalino (por ejemplo, una oblea semiconductor monocristalina, en más detalle, una oblea de silicio monocristalino) que contiene un dopante del segundo tipo de conducción. Cuando la región conductora 30 del segundo tipo de conducción constituye una parte del sustrato semiconductor 160, como se ha descrito anteriormente, las características de unión de la región base 10 y la región conductora 30 del segundo tipo de conducción pueden mejorarse.

Por supuesto, las realizaciones de la presente invención no se limitan a las condiciones descritas anteriormente y, la región conductora 30 del segundo tipo de conducción puede formarse en el sustrato semiconductor 160, por separado del sustrato semiconductor 160. En este caso, la región conductora 30 del segundo tipo de conducción puede estar constituida por una capa semiconductor que tiene una estructura cristalina diferente a la del sustrato semiconductor 160, para su fácil formación sobre el sustrato semiconductor 160. Por ejemplo, la región conductora 30 del segundo tipo de conducción puede formarse dopando un semiconductor amorfo, semiconductor microcristalino o semiconductor policristalino (por ejemplo, un silicio amorfo, silicio microcristalino o silicio policristalino), que se pueden fabricar fácilmente a través de diversos métodos, tal como la deposición, con un dopante del segundo tipo de conducción. Por supuesto, son posibles otras variaciones.

El segundo tipo de conducción puede ser tipo n o tipo p. Cuando la región conductora 30 del segundo tipo de conducción tiene conductividad de tipo n, la región conductora 30 del segundo tipo de conducción puede estar hecha de un semiconductor monocristalino o policristalino dopado con un elemento del Grupo V tal como el fósforo (P), arsénico (As), bismuto (Bi) o antimonio (Sb). Por otro lado, el segundo tipo de conducción tiene conductividad tipo p, la región conductora 30 del segundo tipo de conducción puede estar hecha de un semiconductor monocristalino o policristalino dopado con un elemento del Grupo III tal como el boro (B), aluminio (Al), galio (Ga) o indio (In). Por ejemplo, la región conductora 30 del segundo tipo de conducción puede ser un semiconductor monocristalino o policristalino dopado con fósforo. Por supuesto, las realizaciones de la presente invención no se limitan a los materiales descritos anteriormente, y se pueden usar diversos materiales como dopante del segundo tipo de conducción. De forma adicional, el dopante del segundo tipo de conducción de la región conductora 30 del segundo tipo de conducción puede ser idéntico al dopante del segundo tipo de conducción de la región base 10 o puede diferir del dopante del segundo tipo de conducción de la región base 10.

En esta realización, la región conductora 30 del segundo tipo de conducción se ilustra con una estructura homogénea que tiene una concentración de dopaje uniforme en toda la región conductora 30 del segundo tipo de conducción. Por supuesto, las realizaciones de la presente invención no se limitan a la estructura descrita anteriormente. En otra realización, la región conductora 30 del segundo tipo de conducción puede tener una estructura selectiva. En la estructura selectiva, la región conductora 30 del segundo tipo de conducción puede tener una alta concentración de dopaje, una gran profundidad de unión y baja resistencia en una parte de la misma adyacente al segundo electrodo 44 mientras que tiene una baja concentración de dopaje, una pequeña profundidad de unión y alta resistencia en la parte restante de la región conductora 30 del segundo tipo de conducción. La estructura selectiva de la región conductora 30 del segundo tipo de conducción es idéntica o similar a la de la región conductora 20 del primer tipo de conducción ilustrada en la figura 4 y, como tal, la descripción dada de la región conductora 20 del primer tipo de conducción con referencia a la figura 4 en asociación con la estructura selectiva puede aplicarse a la región conductora 30 del segundo tipo de conducción. En otra realización, la región conductora 30 del segundo tipo de conducción puede tener una estructura local, como se ilustra en la figura 4.

Haciendo referencia a la figura 4, la región conductora 30 del segundo tipo de conducción, que tiene una estructura local, puede incluir una primera parte 30a formada localmente en una parte de la región conductora 30 del segundo tipo de conducción conectada al segundo electrodo 44. En consecuencia, la región conductora 30 del segundo tipo de conducción presenta una resistencia de contacto reducida con el segundo electrodo 44 en la parte de la misma conectada al segundo electrodo 44 y, como tal, puede tener excelentes características de factor de llenado (FF). Por otro lado, no se forma ninguna región conductora 30 del segundo tipo de conducción constituida por una región dopada en una región no conectada al segundo electrodo 44 y, como tal, puede reducirse el posible reacoplamiento que se produce en la región dopada. En consecuencia, la densidad de corriente de cortocircuito J_{sc} y tensión de circuito abierto pueden mejorarse. De forma adicional, se puede exhibir una excelente eficiencia cuántica interna (IQE) en la región donde no se forma una región conductora del segundo tipo de conducción y, como tal, las características asociadas con la luz de longitud de onda larga pueden ser excelentes. En consecuencia, puede ser posible mejorar en gran medida las características asociadas con la luz de longitud de onda larga, en comparación con la estructura homogénea y la estructura selectiva que tiene una región dopada en toda la estructura. Así, la región conductora 30 del segundo tipo de conducción, que tiene la estructura local como se describe arriba, puede ser excelente en términos de factor de llenado, densidad de corriente de cortocircuito y tensión de circuito abierto y, como tal, puede lograr una mejora en la eficiencia de la célula solar 150.

La región conductora 30 del segundo tipo de conducción puede tener diversas estructuras distintas de las estructuras descritas anteriormente.

De nuevo haciendo referencia a la figura 3, la primera película de pasivación 22 y la película antirreflectante 24 se forman secuencialmente sobre la superficie frontal del sustrato semiconductor 160, en más detalle, en la región conductora 20 del primer tipo de conducción formada en o sobre el sustrato semiconductor 160. El primer electrodo 42 está conectado

eléctricamente a (más detalladamente, contactos) la región conductora 20 del primer tipo de conducción a través de la primera película de pasivación 22 y la película antirreflectante 24 (es decir, a través de aberturas 102).

5 La primera película de pasivación 22 y la película antirreflectante 24 pueden formarse sustancialmente en toda la superficie frontal del sustrato semiconductor 160, excepto las aberturas 102 correspondientes al primer electrodo 42.

10 La primera película de pasivación 22 se forma para ponerse en contacto con la región conductora 20 del primer tipo de conducción y, como tal, inactiva los defectos presentes en la superficie o la mayor parte de la región conductora 20 del primer tipo de conducción. Así, se eliminan los sitios de recombinación de los portadores minoritarios y, como tal, se puede
15 aumentar la tensión de circuito abierto de la célula solar 150. La película antirreflectante 24 reduce la reflectancia de la luz que incide sobre la superficie frontal del sustrato semiconductor 160. Así, la cantidad de luz que llega a una unión pn formada por la región base 10 y la región conductora 20 del primer tipo de conducción puede aumentar de acuerdo con la reflectancia reducida de la luz que incide sobre la superficie frontal del sustrato semiconductor 160. En consecuencia, la corriente de cortocircuito I_{sc} de la célula solar 150 puede incrementarse. Como resultado, la tensión de circuito abierto y la corriente de cortocircuito I_{sc} de la célula solar 150 pueden aumentarse mediante la primera película de pasivación 22 y la película antirreflectante 24 y, como tal, se puede mejorar la eficiencia de la célula solar 150.

20 La primera película de pasivación 22 puede estar hecha de diversos materiales. Por ejemplo, la primera película de pasivación 22 puede tener una estructura de una sola capa que incluye una película seleccionada del grupo que consiste en una película de nitruro de silicio, una película de nitruro de silicio que contiene hidrógeno, una película de óxido de silicio, una película de oxinitruro de silicio, una película de óxido de aluminio, una película de MgF_2 , una película de ZnS , una película de TiO_2 y una película de CeO_2 puede tener una estructura multicapa que incluye dos o más de las películas mencionadas anteriormente en combinación. Por ejemplo, cuando la región conductora 20 del primer tipo de conducción tiene conductividad de tipo n, la primera película de pasivación 22 puede incluir una película de óxido de silicio o una
25 película de nitruro de silicio que tenga cargas positivas fijas. Por otro lado, cuando la región conductora 20 del primer tipo de conducción tiene conductividad de tipo p, la primera película de pasivación 22 puede incluir una película de óxido de aluminio que tenga cargas negativas fijas.

30 La película antirreflectante 24 puede estar hecha de diversos materiales. Por ejemplo, la película antirreflectante 24 puede tener una estructura de una sola capa que incluye una película seleccionada del grupo que consiste en una película de nitruro de silicio, una película de nitruro de silicio que contiene hidrógeno, una película de óxido de silicio, una película de oxinitruro de silicio, una película de óxido de aluminio, una película de MgF_2 , una película de ZnS , una película de TiO_2 y una película de CeO_2 puede tener una estructura multicapa que incluye dos o más de las películas mencionadas anteriormente en combinación. Por ejemplo, la película antirreflectante 24 puede incluir una película de óxido de silicio.
35

40 Por supuesto, las realizaciones de la presente invención no se limitan a los materiales descritos anteriormente, y la primera película de pasivación 22 y la película antirreflectante 24 pueden estar hechas de diversos materiales. Una de la primera película de pasivación 22 y la película antirreflectante 24 puede realizar tanto la función antirreflectante como la función de pasivación y, como tal, la otra de la primera película de pasivación 22 y la película antirreflectante 24 puede omitirse. También se pueden formar diversas películas distintas de la primera película de pasivación 22 y la película antirreflectante 24 sobre el sustrato semiconductor 160. De forma adicional, son posibles diversas variaciones.

45 El primer electrodo 42 está conectado eléctricamente a la región conductora 20 del primer tipo de conducción a través de las aberturas 102 formadas a través de la primera película de pasivación 22 y la película antirreflectante 24 (es decir, a través de la primera película de pasivación 22 y película antirreflectante 24). El primer electrodo 42 puede estar hecho de un material que tenga una excelente conductividad eléctrica (por ejemplo, metal). El primer electrodo 42 puede tener un patrón determinado para permitir la transmisión de luz. Más adelante se describirá una estructura detallada del primer electrodo 42 con referencia a las figuras 9 y 10.

50 La segunda película de pasivación 32 se forma en la superficie trasera del sustrato semiconductor 160, en más detalle, en la región conductora 30 del segundo tipo de conducción formada en el sustrato semiconductor 160. El segundo electrodo 44 está conectado eléctricamente a (por ejemplo, contactos) la región conductora 30 del segundo tipo de 10 conducción a través de la segunda película de pasivación 32 (es decir, a través de aberturas 104).

55 La segunda película de pasivación 32 puede formarse sustancialmente en toda la superficie trasera del sustrato semiconductor 160, excepto las aberturas 104 correspondientes al segundo electrodo 44.

60 La segunda película de pasivación 32 se forma para ponerse en contacto con la región conductora 30 del segundo tipo de conducción y, como tal, inactiva los defectos presentes en la superficie o la mayor parte de la región conductora 30 del segundo tipo de conducción. Así, se eliminan los sitios de recombinación de los portadores minoritarios y, como tal, se puede aumentar la tensión de circuito abierto V_{oc} de la célula solar 150.

65 La segunda película de pasivación 32 puede estar hecha de diversos materiales. Por ejemplo, la segunda película de pasivación 32 puede tener una estructura de una sola capa que incluye una película seleccionada del grupo que consiste en una película de nitruro de silicio, una película de nitruro de silicio que contiene hidrógeno, una película de óxido de silicio, una película de oxinitruro de silicio, una película de óxido de aluminio, una película de MgF_2 , una película de ZnS ,

una película de TiO₂ una película de CeO₂ puede tener una estructura multicapa que incluye dos o más de las películas mencionadas anteriormente en combinación. Por ejemplo, cuando la región conductora 30 del segundo tipo de conducción tiene conductividad de tipo n, la segunda película de pasivación 32 puede incluir una película de óxido de silicio o una película de nitruro de silicio que tenga cargas positivas fijas. Por otro lado, cuando la región conductora 30 del segundo tipo de conducción tiene conductividad de tipo p, la segunda película de pasivación 32 puede incluir una película de óxido de aluminio que tenga cargas negativas fijas.

Por supuesto, las realizaciones de la presente invención no se limitan a los materiales descritos anteriormente, y la segunda película de pasivación 32 puede estar hecha de diversos materiales. También se pueden formar diversas películas distintas de la segunda película de pasivación 32 en la superficie trasera del sustrato semiconductor 160. De forma adicional, son posibles diversas variaciones.

El segundo electrodo 44 está conectado eléctricamente a la región conductora 30 del segundo tipo de conducción a través de las aberturas 104 formadas a través de la segunda película de pasivación 32. El segundo electrodo 44 puede estar hecho de un material que tenga una excelente conductividad eléctrica (por ejemplo, metal). El segundo electrodo 44 puede tener un patrón determinado para permitir la transmisión de luz. Más adelante se describirá una estructura detallada del segundo electrodo 44.

Como se ha descrito anteriormente, en esta realización, los electrodos primero y segundo 42 y 44 de la célula solar 150 tienen patrones predeterminados y, como tal, la célula solar 150 tiene una estructura bifacial en la que la luz puede incidir sobre las superficies frontal y trasera del sustrato semiconductor 160. En consecuencia, la cantidad de luz 45 utilizada por la célula solar 150 aumenta y, como tal, se puede lograr una mejora en la eficiencia de la célula solar 150.

Por supuesto, las realizaciones de la presente invención no se limitan a la estructura descrita anteriormente. El segundo electrodo 44 puede tener una estructura formada a lo largo de la superficie trasera del sustrato semiconductor 160. Las regiones conductoras 20 y 30 de primer y segundo tipo de conducción y los electrodos primero y segundo 42 y 44 también pueden disponerse en una superficie del sustrato semiconductor 160 (por ejemplo, la superficie trasera). De forma adicional, al menos una de las regiones conductoras 20 y 30 de primer y segundo tipo de conducción puede formarse para extenderse sobre ambas superficies del sustrato semiconductor 160. Es decir, la célula solar 150 descrita anteriormente es solo ilustrativa y, como tal, las realizaciones de la presente invención no se limitan a ello.

La célula solar 150 descrita anteriormente está conectada eléctricamente a otra célula solar vecina 150 por los cables 142. Esto se describirá con más detalle con referencia a la figura 5 junto con las figuras 1 y 2.

La figura 5 es una vista en perspectiva que ilustra brevemente una primera célula solar 151 y una segunda célula solar 152, que están conectadas por cables 142, en el panel de células solares 100 de la figura 1. En la figura 5, cada célula solar 150 se ilustra brevemente principalmente junto con el sustrato semiconductor 160 y los electrodos 42 y 44 de la misma. La figura 6 ilustra un cable 142 antes de su unión a los electrodos 42 y 44 de una célula solar 150 ilustrada en la figura 1, a través de una vista en perspectiva y una vista en sección. La figura 7 es una vista en sección que ilustra el cable 142 unido a las secciones de almohadilla (designadas con el número de referencia "422" en la figura 9 o 10) del electrodo 42 o 44 en la célula solar 150 ilustrada en la figura 1. La figura 8 es una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea VIII-VIII de la figura 5. En la figura 7, solo se muestran las secciones de almohadilla 422 y el cable 142 para simplificar la ilustración y la descripción. En la figura 8, la ilustración se proporciona principalmente junto con los cables 142 que conectan la primera célula solar 151 y la segunda célula solar 152.

Como se ilustra en la figura 5, dos células solares vecinas 150 de una pluralidad de células solares 150 (por ejemplo, la primera célula solar 151 y la segunda célula solar 152) pueden conectarse mediante cables 142. En este caso, los cables 142 conectan el primer electrodo 42 dispuesto en la superficie frontal de la primera célula solar 151 y el segundo electrodo 44 dispuesto en la superficie trasera de la segunda célula solar 152 dispuesta en un lado de la primera célula solar 151 (un lado inferior izquierdo de la figura 5). Otros cables 1420a conectan el segundo electrodo 44 dispuesto en la superficie trasera de la primera célula solar 151 y el primer electrodo 42 dispuesto en la superficie frontal de otra célula solar que se dispondrá en el otro lado de la primera célula solar 151 (un lado superior derecho de la figura 5). Otros cables 1420b conectan el primer electrodo 42 dispuesto en la superficie frontal de la segunda célula solar 152 y el segundo electrodo 44 dispuesto en la superficie trasera de otra célula solar que se dispondrá a un lado de la segunda célula solar 152 (un lado inferior izquierdo de la figura 5). Así, una pluralidad de células solares 150 pueden estar conectadas por los cables 142, 1420a y 1420b, para formar una cadena de células solares. En la siguiente descripción, la descripción dada de los cables 142 se puede aplicar a todos los cables 142 que conectan dos células solares 150 vecinas 150.

En esta realización, cada cable 142 puede incluir una primera sección 1421 conectada al primer electrodo 42 de la primera célula solar 151 (más detalladamente, una línea de barra colectora 42b del primer electrodo 42) en la superficie frontal de la primera célula solar 151 mientras se extiende desde un primer borde 161 de la primera célula solar 151 hacia un segundo borde 162 de la primera célula solar 151 opuesto al primer borde 161, una segunda sección 1422 conectada al segundo electrodo 44 de la segunda célula solar 152 (más detalladamente, una línea de barra colectora 44b del segundo electrodo 44) en la superficie trasera de la segunda célula solar 152 mientras se extiende desde un primer borde 161 de la segunda célula solar 152 hacia un segundo borde 162 de la segunda célula solar 152 opuesto al primer borde 161 de la segunda célula solar 152, y una tercera sección 1423 que se extiende desde la superficie frontal de la primera célula

- 5 solar 151 en el segundo borde 162 de la primera célula solar 151 hasta la superficie trasera de la segunda célula solar en el primer borde 161 de la segunda célula solar 152, para conectar la primera sección 1421 y la segunda sección 1422. En consecuencia, el cable 142 puede estar dispuesto para extenderse a través de la primera célula solar 151 a lo largo de una parte de la primera célula solar 151 mientras se extiende a lo largo de la segunda célula solar 152 a lo largo de una parte de la segunda célula solar 152. Dado que el cable 142 se forma solo en regiones correspondientes a partes de la primera y segunda células solares 151 y 152 (por ejemplo, los electrodos de barra colectora 42b) mientras que tienen un ancho menor que la primera y segunda células solares 151 y 152, el cable 142 puede conectar efectivamente la primera y la segunda células solares 151 y 152 a pesar de tener un área pequeña de las mismas.
- 10 Por ejemplo, el cable 142 puede estar dispuesto en los correspondientes primer y segundo electrodo 42 y 44 de la primera y segunda células solares 151 y 152, para extenderse extensamente a lo largo de las líneas de barra colectora 42b del primer y segundo electrodos 42 y 44 mientras contactan con las líneas de barra colectora 42b. En consecuencia, el cable 142 contacta continuamente con los electrodos primero y segundo 42 y 44 y, como tal, se pueden mejorar las características de la conexión eléctrica. Por supuesto, las realizaciones de la presente invención no se limitan a la
- 15 disposición descrita anteriormente. Las líneas de barra colectora 42b pueden omitirse. En este caso, los cables 142 pueden estar dispuestos para extenderse en una dirección que cruza una pluralidad de líneas de dedo 42a, para conectarse a una pluralidad de electrodos de dedo 42a a través de la conexión entre ellos mientras se cruzan con las líneas de dedo 42a. Por supuesto, las realizaciones de la presente invención no se limitan a tal disposición.
- 20 Con referencia a una superficie de cada célula solar 150, se proporciona una pluralidad de cables 142 y, como tal, las características de conexión eléctrica de la célula solar 150 a otra célula solar vecina 150 pueden mejorarse. En particular, en esta realización, cada cable 142 está constituido por un alambre que tiene un ancho menor que una cinta que tiene un ancho relativamente grande (por ejemplo, 1 a 2 mm), que se ha usado en casos convencionales. Para este fin, un mayor número de cables 142 (por ejemplo, dos a cinco) que el de las cintas como se describe anteriormente se usan con
- 25 referencia a una superficie de cada célula solar 150.
- Como se ilustra en la figura 6, en esta realización, cada cable 142 incluye una capa central 142a y una capa de revestimiento 142b revestida sobre una superficie exterior de la capa central 142a con un espesor pequeño. La capa central 142a está constituida por un alambre que tiene una excelente conductividad eléctrica o similar, para transferir sustancialmente la corriente. La capa de revestimiento 142b puede tener diversas funciones para proteger la capa central 142a o mejorar las características de fijación del cable 142. Por ejemplo, la capa de revestimiento 142b puede incluir un material de soldadura y, como tal, puede funcionar para unir fácilmente el cable 142 a los electrodos 42 y 44 de acuerdo con su fusión por calor. Así, el cable 142 se puede unir fácilmente a los electrodos 42 y 44 de acuerdo con la soldadura mediante aplicación de calor después de disponer el cable 142 en los electrodos 42 y 44, sin usar un adhesivo separado.
- 30 En consecuencia, se puede simplificar un proceso de cableado.
- En este caso, el proceso de cableado puede llevarse a cabo revistiendo un fundente sobre el cable 142, disponiendo el cable revestido con fundente 142 en los electrodos 42 y 44, y luego aplicando calor al cable revestido con fundente 142. El fundente está adaptado para evitar la formación de una película de óxido que obstruya la soldadura. En este sentido,
- 40 el fundente puede no ser necesario.
- La capa central 142a puede incluir un material que muestre una excelente conductividad eléctrica (por ejemplo, metal, en más detalle, Ni, (Cu, Ag o Al) como material principal de la misma (por ejemplo, un material que tiene un contenido de 50 % en peso o más, en más detalle, un material que tiene un contenido de 90 % en peso o más). Cuando la capa de revestimiento 142b incluye un material de soldadura, la capa de revestimiento 142b puede incluir un material tal como Pb, Sn, SnIn, SnBi, SnPb, SnPbAg, SnCuAg o SnCu como material principal de la misma. Por supuesto, las realizaciones de la presente invención no se limitan a los materiales descritos anteriormente y, la capa central 142a y la capa de revestimiento 142b pueden incluir diversos materiales.
- 45
- 50 En otro ejemplo, el cable 142 puede unirse a los electrodos 42 y 44, usando un adhesivo conductor separado. El adhesivo conductor puede ser un material constituido por una resina sintética a base de epoxi o una resina sintética a base de silicio que contenga partículas conductoras de Ni, Al, Ag, (Cu, Pb, Sn, SnIn, SnBi, SnP, SnPbAg, SnCuAg, SnCu o similares. El material se mantiene en una fase líquida a temperatura normal y se cura térmicamente mediante la aplicación de calor al mismo. Cuando se usa un adhesivo conductor de este tipo, puede ser posible unir el cable 142 a los electrodos 42 y 44 disponiendo el adhesivo conductor en los electrodos 42 y 44, disponiendo el cable 142 sobre el adhesivo conductor y luego aplicando calor al cable 142, o revistiendo o disponiendo el adhesivo conductor sobre la superficie del cable 142, disponiendo el cable 142 en los electrodos 42 y 44, y luego aplicando calor al cable 142.
- 55
- 60 Cuando el alambre, que tiene un ancho menor que la cinta existente, se usa como cable 142, los costes de material pueden reducirse considerablemente. Dado que el cable 142 tiene un ancho menor que la cinta, puede ser posible usar un número suficiente de cables 142 y, como tal, la distancia de movimiento de los portadores puede minimizarse. En consecuencia, la potencia de salida del panel de células solares 100 puede mejorarse.
- 65 El alambre que constituye el cable 142 de acuerdo con esta realización puede tener una sección transversal circular u ovalada, una sección transversal curva, o una sección transversal redonda, para inducir la reflexión o la reflexión difusa. En consecuencia, la luz reflejada desde una superficie redonda del alambre que constituye el cable 142 puede reflejarse

o reflejarse totalmente sobre el sustrato frontal 110 o el sustrato trasero 200 dispuesto en la superficie frontal de la superficie trasera de la célula solar 150 y, como tal, puede volver a incidir sobre la célula solar 150. Así, la potencia de salida del panel de células solares 100 puede mejorarse de manera efectiva. Por supuesto, las realizaciones de la presente invención no se limitan a la forma descrita anteriormente, y el alambre que constituye el cable 142 puede tener una forma cuadrangular o una forma poligonal. El alambre también puede tener diversas otras formas.

En esta realización, el cable 142 puede tener un ancho W_1 de 250 a 500 μm . En virtud del cable 142, que tiene una estructura de alambre mientras tiene el ancho descrito anteriormente, puede ser posible transferir efectivamente la corriente generada en la célula solar 150 al exterior de la célula solar 150 o a otra célula solar 150. En esta realización, el cable 142 puede fijarse a los electrodos 42 y 44 de la célula solar 150 después de estar dispuesto independientemente sobre los electrodos 42 y 44 con la condición de que el cable 142 no se inserte en una capa o película separada o similar. En consecuencia, cuando el ancho W_1 del cable 142 es inferior a 250 μm , la solidez del cable 142 puede ser insuficiente. De forma adicional, el cable 142 puede presentar características de conexión eléctrica inferiores y una fuerza de fijación baja debido a que el área de conexión del cable 142 a los electrodos 42 y 44 es demasiado pequeña. Por otro lado, cuando el ancho W_1 del cable 142 es superior a 500 μm , los costes de material del cable 142 aumentan. De forma adicional, el cable 142 puede obstruir la incidencia de la luz sobre la superficie frontal de la célula solar 150 y, como tal, la pérdida por sombreado puede aumentar. De forma adicional, la fuerza aplicada al cable 142 en una dirección que se aleja de los electrodos 42 y 44 puede aumentar y, como tal, la fuerza de fijación entre el cable 142 y los electrodos 42 y 44 puede reducirse. En casos severos, se pueden generar grietas o similares en los electrodos 42 y 44 o en el sustrato semiconductor 160. Por ejemplo, el ancho W_1 del cable 142 puede ser de 350 a 450 μm (en particular, 350 a 400 μm). En este intervalo, puede ser posible lograr una mejora en la potencia de salida al tiempo que aumenta la fuerza de fijación a los electrodos 42 y 44.

En este caso, el espesor de la capa de revestimiento 142b en el cable 142, en concreto, T2, es tan pequeño como el 10 % o menos del ancho de la capa central 142a antes del proceso de cableado (por ejemplo, igual o inferior a 20 μm , en más detalle, 7 a 20 μm). Cuando el espesor T2 de la capa de revestimiento 142b es inferior a 7 μm , puede ser imposible llevar a cabo sin problemas el proceso de cableado. Por otro lado, cuando el espesor T2 de la capa de revestimiento 142b es superior a 20 μm , los costes de materiales pueden aumentar. Asimismo, la solidez del cable 142 puede reducirse debido a una reducción del ancho de la capa central 142a. Una vez que el cable 142 se une a la célula solar 150 de acuerdo con el proceso de cableado, la capa de revestimiento 142b fluye hacia abajo y, como tal, se deposita densamente entre el cable 142 y la célula solar 150 (más detalladamente, entre el cable 142 y las secciones de almohadilla 422 de los electrodos 42 y 44) mientras se deposita finamente sobre una superficie de la capa central 142a opuesta a la célula solar 150, como se ilustra en la figura 7. La parte de la capa de revestimiento 142b dispuesta entre el cable 142 y la célula solar 150 puede tener un ancho W_7 igual o mayor que el diámetro de la capa central 142 del cable 142. La capa de revestimiento 142b puede tener un espesor T1 de 11 a 21 μm en una parte de la misma entre el cable 142 y las secciones de almohadilla 422 de los electrodos 42 y 44. Por otro lado, la capa de revestimiento 142b puede tener un espesor T2 tan pequeño como 2 μm o menos (por ejemplo, 0,5 a 1,5 μm) en la parte restante de la misma. En la memoria descriptiva, el ancho W_1 del cable 142 puede significar un ancho o diámetro de la capa central 142a en un plano perpendicular a la dirección del espesor de la célula solar mientras pasa por un centro del cable 142. En este caso, la capa de revestimiento 142b tiene un espesor muy pequeño en una parte de la misma dispuesta en el centro de la capa central 142a y, como tal, tiene poca influencia en el ancho del cable 142. En este sentido, el ancho W_1 del cable 142 puede significar una suma de anchos o diámetros de la capa central 142a y la capa de revestimiento 142b en el plano perpendicular a la dirección del espesor de la célula solar mientras pasa por el centro de la capa central 142a.

Como se ha descrito anteriormente, se puede lograr una mejora en la potencia de salida mediante la provisión de los cables 142 en forma de alambre. En esta realización, sin embargo, las células solares vecinas 150 están conectadas eléctricamente usando cables 142 que tienen un ancho menor que los de los casos convencionales y, como tal, la fuerza de fijación de los cables 142 a los electrodos 42 y 44 puede ser insuficiente debido a que el área de fijación de cada cable 142 a los electrodos 42 y 44 puede ser pequeña. Asimismo, cuando los cables 142 tienen una sección transversal redonda que tiene una forma circular, ovalada o curva, el área de fijación de cada cable 142 a los electrodos 42 y 44 puede reducirse aún más y, como tal, la fuerza de fijación de cada cable 142 puede reducirse aún más. De forma adicional, cuando los cables 142 tienen una sección transversal redonda que tiene una forma circular, ovalada o curva, la célula solar 150 o el sustrato semiconductor 160 pueden doblarse más fácilmente porque el espesor de cada cable 142 puede aumentar relativamente.

En particular, en una región entre la primera célula solar 151 y la segunda célula solar 152, cada cable 142 debe extenderse desde una posición sobre la superficie frontal de la primera célula solar 151 hasta una posición debajo de 20 la superficie trasera de la segunda célula solar 152. Por este motivo, el cable 142 puede estar doblado en esta región. Es decir, como se ilustra en la figura 8, la primera sección 1421 del cable 142 está dispuesta en el primer electrodo 42 de la primera célula solar 151 mientras se mantiene en estado unido (de contacto) al primer electrodo 42, y la segunda sección 1422 del cable 142 está dispuesta en el segundo electrodo 44 de la segunda célula solar 152 mientras se mantiene en estado unido (de contacto) al segundo electrodo 44. En este caso, la tercera sección 1423 del cable 142 debe estar conectada entre la primera sección 1421 y la segunda sección 1422 evitando que las secciones primera y segunda 1421 y 1422 se doblen. Para este fin, la tercera sección 1423 puede incluir una parte 1423a doblada para tener forma de arco convexo hacia la superficie frontal de la primera célula solar 151, para separarse de la primera célula solar 151 por una distancia predeterminada en la vecindad del segundo borde 162 de la primera célula solar 151, y una parte 1423b doblada

para tener forma de arco convexo hacia la superficie trasera de la segunda célula solar 152, y conectada a la parte 1423a mientras que tiene un punto de inflexión con referencia a la parte 1423a, para separarse de la primera célula solar 151 por una distancia predeterminada en la vecindad del primer borde 161 de la segunda célula solar 152.

5 Cada una de las partes dobladas 1423a y 1423b de la tercera sección 1423 tiene una parte que se extiende desde un punto de conexión de la tercera sección 1423 conectada a una correspondiente de las secciones primera y segunda 1421 y 1422 (es decir, un punto correspondiente al borde correspondiente de la primera célula solar 151 o la segunda célula solar 152) en una dirección que se aleja de una correspondiente de la primera y segunda células solares 151 y 152. Como resultado, el cable 142 está sometido a fuerza en una dirección que se aleja de los electrodos 42 y 44 en las regiones correspondientes a los bordes enfrentados de las células solares 150.

15 Como el límite entre la primera sección 1421 y la tercera sección 1423 o el límite entre la segunda sección 1422 y la tercera sección 1423 (es decir, un punto de conexión del cable 142 conectado al electrodo 42 o 44) está más cerca del borde correspondiente de la correspondiente célula solar 150, la parte correspondiente en forma de arco de la tercera sección 1423 tiene un radio de curvatura gradualmente reducido. En este caso, la fuerza aplicada al cable 142 en una dirección que se aleja de las células solares 150 en regiones adyacentes a los bordes enfrentados de las células solares 150 aumenta y, como tal, la fuerza de fijación del cable 142 a los electrodos 42 y 44 puede reducirse. Por este motivo, cuando se proporcionan los cables 142 en forma de alambre, como en esta realización, los extremos de los electrodos 42 y 44 deben estar separados de los bordes correspondientes de las células solares 150 por una distancia predeterminada o más en las regiones correspondientes a los respectivos puntos de conexión de cada cable 142 y, como tal, el cable 142 se puede unir a los electrodos 42 y 44 mientras tiene suficiente fuerza de acoplamiento o fuerza de fijación.

25 En esta realización, en consecuencia, los electrodos 42 y 44 de las células solares 150 están diseñados teniendo en cuenta las condiciones antes descritas. Esto se describirá en detalle con referencia a las figuras 9 y 10. En adelante en el presente documento, se dará una descripción detallada junto con el primer electrodo 42 con referencia a las figuras 9 y 10, y luego se describe el segundo electrodo 44.

30 La figura 9 es una vista en planta que ilustra una célula solar incluida en el panel de células solares de la figura 1 y cables conectados a la misma. La figura 10 es una vista en planta que ilustra la célula solar incluida en el panel de células solares de la figura 1.

35 Haciendo referencia a las figuras 9 y 10, en la realización ilustrada, la célula solar 150 (o el sustrato semiconductor 160) puede dividirse en un área de electrodo EA y un área de borde PA. En este caso, la célula solar 150 (o el sustrato semiconductor 160) puede incluir, por ejemplo, bordes primero y segundo 161 y 162 paralelos a las líneas de dedo 42a, y bordes tercero y cuarto 163 y 164 que cruzan (por ejemplo, cruzan perpendicularmente o cruzan inclinadamente) las líneas de dedo 42a. Los bordes tercero y cuarto 163 y 164 pueden incluir partes centrales 163a y 164a respectivas que ocupan grandes partes de los bordes tercero y cuarto 163 y 164, y partes inclinadas 163b y 164b respectivas conectadas a los bordes primero y segundo 161 y 162 mientras se extienden inclinadas desde las partes centrales 163a y 164a respectivas. En consecuencia, la célula solar 150 puede tener, por ejemplo, una forma casi octogonal cuando se ve en un plano. Por supuesto, las realizaciones de la presente invención no se limitan a la forma descrita anteriormente, y la forma plana de la célula solar 150 puede variar.

45 En esta realización, el área de electrodo EA puede ser un área donde las líneas de dedo 42a, que se extienden en paralelo, están dispuestas con un paso uniforme P. El área de borde PA puede ser un área donde no está dispuesta una línea de dedo 42a, o las partes de electrodos están dispuestas en una densidad más baja que la de las líneas de dedo 42a en el área de electrodo EA. En esta realización, se ilustra el caso en el que las partes de electrodos de los primeros electrodos 42 no están dispuestas en el área de borde PA.

50 En esta realización, el área de electrodo EA puede incluir una pluralidad de áreas de electrodo divididas con referencia a las líneas de barra colectora 42b o cables 142. En más detalle, el área de electrodo EA puede incluir una primera área de electrodo EA1 definida entre dos líneas de barra colectora vecinas 42b o cables 142, y dos segundas áreas de electrodo EA2, cada una definida entre uno correspondiente de los bordes tercero y cuarto 163 y 164 en la célula solar 150 y el cable 142 dispuesto adyacente a la misma. En esta realización, ya que una pluralidad de cables 142 (por ejemplo, seis o más) se proporciona con referencia a una superficie de la célula solar 150, se puede proporcionar una pluralidad de primeras áreas de electrodo EA1 (siendo el número de primeras áreas de electrodo EA1 menor que el número de cables 142 en uno).

60 En este caso, el ancho de cada primera área de electrodo EA1, en concreto, un ancho W2, puede ser más pequeño que el ancho de cada segunda área de electrodo EA2, en concreto, un ancho W3. En esta realización, se proporcionan una serie de cables 142 o líneas de barra colectora 42b. En consecuencia, el ancho W3 de cada segunda área de electrodo EA2 debe ser relativamente grande para permitir que las partes inclinadas 163b o 164b del tercer o cuarto borde 163 o 164 queden dispuestas en la segunda área de electrodo EA2 y, como tal, puede ser posible evitar que las líneas de barra colectora 42b o los cables 142 se dispongan en el tercer o cuarto borde 163 o 164. Por supuesto, las realizaciones de la presente invención no se limitan a las condiciones antes descritas, y el ancho W2 de cada primera área de electrodo EA1 y el ancho W3 de cada segunda área de electrodo EA2 pueden tener diversos valores.

En esta realización, dado que las líneas de barra colectora 42b y los cables 142 están dispuestos en un paso uniforme, los anchos W2 de las primeras áreas de electrodo EA1 pueden ser sustancialmente iguales. En consecuencia, los portadores pueden migrar por una distancia de movimiento promedio uniforme y, como tal, se puede mejorar la eficiencia de recogida de los portadores.

Mientras tanto, el área de borde PA puede incluir primeras áreas de borde PA1, cada una de las cuales corresponde a una región donde se dispone cada cable 142, mientras se define entre las líneas de dedo vecinas 42a y segundas áreas de borde PA2 correspondientes a una parte restante del área de borde PA, a excepción de las primeras áreas de borde PA1, mientras se define entre las más externas de las líneas de dedo 42a y los correspondientes de los bordes primero a cuarto 161, 162, 163 y 164 del sustrato semiconductor 160, para proporcionar una distancia predeterminada entre el sustrato semiconductor 160 y el primer electrodo 42. Cada área de borde PA1 puede estar dispuesta en una parte de región adyacente al borde correspondiente de la célula solar 150 en la región correspondiente donde está dispuesto un cable 142. Cada primera área de borde PA1 es un área donde cada extremo del primer electrodo 42 está separado del borde correspondiente de la célula solar 150, para permitir que el cable 142 45 correspondiente se una al primer electrodo mediante una fuerza de acoplamiento suficiente.

El primer electrodo 42 puede incluir una pluralidad de líneas de dedo 42a separadas entre sí en el área de electrodo EA teniendo un ancho uniforme W5 y un paso uniforme P. En la figura 9, las líneas de dedo 42a se ilustran paralelas mientras son paralelas a los bordes principales de la célula solar 150 (en particular, los bordes primero y segundo). Por supuesto, las realizaciones de la presente invención no se limitan a la disposición descrita anteriormente.

Por ejemplo, las líneas de dedo 42a del primer electrodo 42 pueden tener un ancho W5 de 35 a 120 μm . Las líneas de dedo 42a del primer electrodo 42 también pueden tener un paso P de 1,2 a 2,8 mm. El número de líneas de dedo 42a dispuestas en una dirección que cruza las líneas de dedo 42a puede ser de 55 a 130. El ancho W5 y el paso P descritos anteriormente pueden obtenerse en condiciones de proceso simples. El ancho W5 y el paso P están definidos para minimizar la pérdida por sombreado causada por las líneas de dedo 42a mientras se logra una recolección efectiva de la corriente producida a través de la conversión fotoeléctrica. Cada línea de dedo 42a puede tener un espesor de 5 a 50 μm . Dicho espesor de la línea de dedo 42a se puede obtener fácilmente en un proceso de formación de la línea de dedo 42a. De forma adicional, la línea de dedo 42a puede tener la resistencia específica deseada en el intervalo de espesor descrito anteriormente. Por supuesto, las realizaciones de la presente invención no se limitan a las condiciones descritas anteriormente y, el ancho, paso, espesor, etc., de las líneas de dedo 42a puede variar de acuerdo con la variación de las condiciones del proceso, el tamaño de la célula solar 150, el material de las líneas de dedo 42a, o similar.

En este caso, el ancho W1 de los cables 142 puede ser menor que el paso P de las líneas de dedo 42a mientras que es mayor que el ancho de las líneas de dedo 42a. Por supuesto, las realizaciones de la presente invención no se limitan a tales condiciones, y son posibles diversas variaciones.

De forma adicional, el primer electrodo 42 puede incluir líneas de barra colectora 42b formadas en una dirección que cruza las líneas de dedo 42a en el área de electrodo EA, para conectar las líneas de dedo 42a. Por ejemplo, cada línea de barra colectora 42b puede formarse para extenderse continuamente desde una región adyacente al primer borde 161 hasta una región adyacente al segundo borde 162. Como se ha descrito anteriormente, cada línea de barra colectora 42b puede disponerse para corresponder a una región donde cada cable 142 está dispuesto para conectar células solares vecinas 150. Las líneas de barra colectora 42b pueden proporcionarse para que correspondan a los cables 142 uno a uno. En esta realización, en consecuencia, las líneas de barra colectora 42b son iguales en número a los cables 142 con referencia a una superficie de la célula solar 150. En esta realización, cada línea de barra colectora 42b puede significar una parte de electrodo dispuesta adyacente al correspondiente cable 142, y está formada para extenderse en una dirección perpendicular o inclinada cruzando las líneas de dedo 42a mientras está conectada o en contacto con el correspondiente cable 142.

Cada línea de barra colectora 42b puede incluir una sección de línea 421 que se extiende a lo largo en una dirección en la que el correspondiente cable 142 está conectado a la línea de barra colectora 42b, mientras que tiene un ancho relativamente pequeño, y secciones de almohadilla 422 que tienen un ancho mayor que la sección de línea 421, para aumentar un área de conexión al correspondiente cable 142. En virtud de la sección de línea estrecha 421, puede ser posible minimizar el área que bloquea la luz que incide sobre la célula solar 150. En virtud de las amplias secciones de almohadilla 422, puede ser posible mejorar la fuerza de fijación entre el cable 142 y la línea de barra colectora 42b mientras se reduce la resistencia de contacto. Cada línea de barra colectora 42b puede incluir secciones de extensión conectadas a los extremos de las líneas de dedo 42a adyacentes a una correspondiente de las primeras áreas de borde PA1 mientras se divide la primera área de borde PA1 correspondiente del área de electrodo EA.

Las secciones de almohadilla 422 pueden incluir primeras secciones de almohadilla 422a dispuestas en extremos opuestos de la sección de línea 421 (es decir, regiones donde el cable 142 está conectado al primer electrodo 42), y las segundas secciones de almohadilla 422b dispuestas en una región interior de la línea de barra colectora 42b, excepto por las primeras secciones de almohadilla 422a. Como se ha descrito anteriormente, se puede aplicar fuerza al cable 142 en los extremos de la sección de línea 421 o en las primeras secciones de almohadilla 422a en una dirección que se aleja del primer electrodo 42 (una dirección que se aleja del sustrato semiconductor 160). En consecuencia, cuando las primeras secciones de almohadilla 422a tienen un área mayor que las segundas secciones de almohadilla 422a, se puede

proporcionar una fuerte fuerza de fijación entre el cable 142 y el primer electrodo 42. En este caso, incluso cuando las primeras secciones de almohadilla 422a tienen un ancho mayor que las segundas secciones de almohadilla 422b, no hay un efecto notable en la mejora de la fuerza de fijación al cable 142. En este sentido, las primeras secciones de almohadilla 422a pueden tener una longitud L1 (una longitud medida en la dirección longitudinal del cable 142) mayor que la longitud L2 de las segundas secciones de almohadilla 422b (una longitud medida en la dirección longitudinal del cable 142).

Las secciones de almohadilla 422 pueden tener un ancho (más detalladamente, los anchos de las primeras secciones de almohadilla 422a y segundas secciones de almohadilla 422b) mayor que el de la sección de línea 421 y las líneas de dedo 42a. El paso de las líneas de barra colectora 42b puede ser mayor que el paso de las líneas de dedo 42a.

En esta realización, las secciones de línea 421 de las líneas de barra colectora 42b se ilustran como correspondientes a los respectivos cables 142. En más detalle, en casos convencionales, se proporcionan electrodos de barra colectora, que corresponden a los cables 142 y tienen un ancho mucho mayor que las líneas de dedo 42a. En esta realización, sin embargo, se proporcionan secciones de línea 421 de las líneas de barra colectora 42b, que tienen un ancho mucho menor que los electrodos de barra colectora. En esta realización, cada sección de línea 421 conecta una pluralidad de líneas de dedo 42a y, como tal, proporciona un trayecto, a lo largo del cual se lleva a cabo la derivación de portadores cuando una parte de las líneas de dedo 42a está cortocircuitada.

En la memoria descriptiva, los electrodos de barra colectora significan partes de electrodo formadas en una dirección que cruza las líneas de dedo, para corresponder a las respectivas cintas, teniendo un ancho correspondiente a 12 veces o más (normalmente 15 veces o más) el ancho de cada línea de dedo. Dado que los electrodos de barra colectora tienen un ancho relativamente grande, dos o tres electrodos de barra colectora se forman en casos normales. Mientras tanto, las secciones de línea 421 de las líneas de barra colectora 42b en esta realización pueden significar partes de electrodo formadas en una dirección que cruza las líneas de dedo 42a, para corresponder a los respectivos cables 142, teniendo un ancho correspondiente a 10 veces o menos el ancho de cada línea de dedo 42a.

Por ejemplo, el ancho de la sección de línea 421, en concreto, un ancho W4, puede ser de 0,5 a 10 veces el ancho de cada línea de dedo 42a, en concreto, un ancho W5. Cuando la relación entre el ancho W4 y el ancho W5 es 0,5 o menos, los efectos de la sección de línea 421 pueden ser insuficientes. Por otro lado, cuando la relación es mayor a 10, la pérdida por sombreado puede aumentar debido a que el ancho W4 de la sección de línea 421 es excesivamente grande. En particular, en esta realización, se proporciona un número de secciones de línea 421 porque se proporciona un número de cables 142 y, como tal, la pérdida por sombreado puede aumentar aún más. En más detalle, el ancho W4 de la sección de línea 421 puede ser de 0,5 a 7 veces el ancho W5 de la línea de dedo 42a. Por ejemplo, el ancho W4 de la sección de línea 421 puede ser de 0,5 a 4 veces el ancho W5 de la línea de dedo 42a, teniendo en cuenta la pérdida por sombreado. En más detalle, el ancho W4 de la sección de línea 421 puede ser de 0,5 a 3 veces el ancho W5 de la línea de dedo 42a. En este intervalo, la eficiencia de la célula solar 150 puede mejorarse en gran medida.

Mientras tanto, el ancho W4 de la sección de línea 421 puede ser igual o menor que el ancho W1 del cable 142. Cuando el cable 142 tiene forma circular, ovalada o redonda, el ancho o área de contacto del cable 142 en contacto con la sección de línea 421 en una superficie trasera del mismo y, como tal, el ancho W4 de la sección de línea 421 puede ser igual o menor que el ancho W1 del cable 142. Cuando el ancho W4 de la sección de línea 421 es relativamente pequeño, puede ser posible reducir los costes de material del primer electrodo 42 a través de la reducción del área del primer electrodo 42.

Por ejemplo, la relación entre el ancho W1 del cable 142 y el ancho W4 de la sección de línea 421 puede ser de 1:0,07 a 1:1. Cuando la relación es menor que 1:0,07, las características eléctricas o similares pueden degradarse debido a que el ancho W4 de la sección de línea 421 es demasiado pequeño. Por otro lado, cuando la relación es superior a 1:1, puede ser imposible mejorar en gran medida las características de contacto con la sección de línea 421 o similar a pesar de un aumento en el área del primer electrodo 42. Como resultado, la pérdida por sombreado, los costes de materiales, etc., pueden aumentar. Por ejemplo, la relación puede ser de 1:0,1 a 1:0,5 (más detalladamente, 1:0,1 a 1:0,3), teniendo en cuenta la pérdida por sombreado, los costes de materiales, etc.

Mientras tanto, el ancho W4 de la sección de línea 421 puede ser de 35 a 350 μm . Cuando el ancho W4 de la sección de línea 421 es inferior a 35 μm , las características eléctricas o similares pueden degradarse debido a que el ancho W4 de la sección de línea 421 es demasiado pequeño. Por otro lado, cuando el ancho W4 de la sección de línea 421 es mayor que 350 μm , puede ser imposible mejorar en gran medida las características de contacto con la sección de línea 421 o similar a pesar de un aumento en el área del primer electrodo 42. Como resultado, la pérdida por sombreado, los costes de materiales, etc., pueden aumentar. Por ejemplo, el ancho W4 de la sección de línea 421 puede ser de 35 a 200 μm (más detalladamente, 35 a 120 μm), teniendo en cuenta la pérdida por sombreado, los costes de materiales, etc.

Por supuesto, las realizaciones de la presente invención no se limitan a las condiciones descritas anteriormente y, el ancho W4 de la sección de línea 421 puede variar dentro de un intervalo capaz de minimizar la pérdida por sombreado mientras se transfiere efectivamente la corriente producida a través de la conversión fotoeléctrica.

Mientras tanto, el ancho de cada sección de almohadilla 422, en concreto, un ancho W6, es mayor que el ancho W4 de la sección de línea 421 mientras que es igual o mayor que el ancho W1 del cable 142. Dado que la sección de almohadilla

422 es una sección para lograr una mejora en la fuerza de fijación del cable 142 a través del aumento de un área de contacto de la misma con el cable 142, la sección de almohadilla 422 tiene un ancho mayor que el ancho de la sección de línea 421 mientras que es igual o mayor que el ancho del cable 142.

5 Por ejemplo, la relación entre el ancho W1 del cable 142 y el ancho W6 de la sección de almohadilla 422 puede ser de 1:1 a 1:5. Cuando la relación es inferior a 1:1, la fuerza de fijación entre la sección de almohadilla 422 y el cable 142 puede ser insuficiente debido a que el ancho W6 de la sección de almohadilla 422 es insuficiente. Por otro lado, cuando la relación es superior a 1:5, la pérdida por sombreado puede aumentar debido a que aumenta el área de la sección de almohadilla 422 que provoca la pérdida por sombreado. La relación puede ser de 1:2 a 1:4 (más detalladamente, 1:2,5 a 1:4), teniendo en cuenta la fuerza de fijación, la pérdida por sombreado, etc.

15 Mientras tanto, por ejemplo, el ancho W6 de la sección de almohadilla 422 puede ser de 0,25 a 2,5 mm. Cuando el ancho W6 de la sección de almohadilla 422 es inferior a 0,25 mm, la fuerza de fijación entre la sección de almohadilla 422 y el cable 142 puede ser insuficiente debido a que el área de contacto de la sección de almohadilla 422 con el cable 142 es insuficiente. Por otro lado, cuando el ancho W6 de la sección de almohadilla 422 es superior a 2,5 mm, la pérdida por sombreado puede aumentar debido a que aumenta el área de la sección de almohadilla 422 que provoca la pérdida por sombreado. Por ejemplo, el ancho W6 de la sección de almohadilla 422 puede ser de 0,8 a 1,5 mm.

20 Mientras tanto, la sección de almohadilla 422 puede tener longitudes L1 y L2 mayores que el ancho de cada línea de dedo 42a. Por ejemplo, las longitudes L1 y L2 de la sección de almohadilla 422 pueden ser de 0,035 a 30 mm. Cuando las longitudes L1 y L2 de la sección de almohadilla 422 son inferiores a 0,035 mm, la fuerza de fijación entre la sección de almohadilla 422 y el cable 142 puede ser insuficiente debido a que el área de contacto de la sección de almohadilla 422 con el cable 142 es insuficiente. Por otro lado, cuando las longitudes L1 y L2 de la sección de almohadilla 422 son mayores de 30 mm, la pérdida por sombreado puede aumentar debido a que aumenta el área de la sección de almohadilla 422 que provoca la pérdida por sombreado.

25 En este caso, la longitud L1 de cada primera sección de almohadilla 422a, a la que se aplica mayor fuerza, puede ser mayor que la longitud L2 de cada segunda sección de almohadilla 422b. En más detalle, la longitud L1 de la primera sección de almohadilla 422a puede ser de 0,4 a 30 mm. Teniendo en cuenta la pérdida por sombreado, la longitud L1 de la primera sección de almohadilla 422a puede ser de 0,4 a 3,2 mm. La longitud L2 de cada segunda sección de almohadilla 422b puede ser de 0,035 a 1 mm. En más detalle, la longitud L2 de la segunda sección de almohadilla 422b puede ser de 0,4 a 1 mm. En consecuencia, la fuerza de fijación obtenida por la primera sección de almohadilla 422a, a la que se aplica mayor fuerza, se puede aumentar aún más, y el área de la segunda sección de almohadilla 422b se puede reducir y, como tal, la pérdida por sombreado, los costes de materiales, etc., pueden reducirse. Por supuesto, las realizaciones de la presente invención no se limitan a las condiciones descritas anteriormente y, el ancho de la primera sección de almohadilla 422a puede ser mayor que el ancho de la segunda sección de almohadilla 422b. Como alternativa, el ancho y la longitud de la primera sección de almohadilla 422a pueden ser mayores que los de la segunda sección de almohadilla 422b, respectivamente.

30 Mientras tanto, por ejemplo, la relación entre el ancho W5 de cada línea de dedo 42a y las longitudes L1 y L2 de la sección de almohadilla 422 puede ser de 1:1,1 a 1:20. Dentro de este intervalo, el área de fijación entre la sección de almohadilla 422 y el cable 142 aumenta y, como tal, la fuerza de fijación entre la sección de almohadilla 422 y el cable 142 puede aumentar.

35 Mientras tanto, por ejemplo, la relación entre el ancho W1 del cable 142 y las longitudes L1 y L2 de cada sección de almohadilla 422 puede ser de 1:1 a 1:10. Cuando la relación es 1:1, la fuerza de fijación entre la sección de almohadilla 422 y el cable 142 puede ser insuficiente debido a que las longitudes L1 y L2 de la sección de almohadilla 422 son insuficientes. Por otro lado, cuando la relación es superior a 1:10, la pérdida por sombreado puede aumentar debido a que aumenta el área de la sección de almohadilla 422 que provoca la pérdida por sombreado. La relación puede ser de 1:3 a 1:6, teniendo en cuenta la fuerza de fijación, la pérdida por sombreado, etc.

40 Para una línea de barra colectora 42b, se pueden proporcionar de 6 a 24 (por ejemplo, 12 a 22) secciones de almohadilla 422. Las secciones de almohadilla 422 pueden disponerse estando separadas entre sí por una cierta distancia. Por ejemplo, una sección de almohadilla 422 puede disponerse por 2 a 10 líneas de dedo 42a. De acuerdo con esta disposición, las regiones donde aumenta el área de contacto entre la línea de barra colectora 42b y el cable 142 se proporcionan regularmente y, como tal, la fuerza de fijación entre la línea de barra colectora 42b y el cable 142 puede aumentar. Como alternativa, las secciones de almohadilla 422 pueden disponerse de manera que varíe la distancia entre las adyacentes de las secciones de almohadilla 422. En particular, las secciones de almohadilla 422 pueden disponerse en una mayor densidad en las partes de extremo de la línea de barra colectora 42b, a la que se aplica mayor fuerza, en comparación con la parte restante de la línea de barra colectora (es decir, la parte central de la línea de barra colectora 42b). Por supuesto, son posibles diversas variaciones.

45 De nuevo haciendo referencia a la figura 7, cuando una capa de revestimiento 142b (una capa de revestimiento separada para unir el cable 142 a las secciones de almohadilla 422, por ejemplo, una capa de soldadura) está dispuesta en una región adyacente a cada sección de almohadilla 422, la relación entre el ancho W1 del cable 142 y el ancho de la capa de revestimiento 142b, en concreto, un ancho W7, puede ser de 1:1 a 1:3,33. Por supuesto, las realizaciones de la

presente invención no se limitan a las condiciones descritas anteriormente, y la relación puede tener diversos valores.

Mientras tanto, el ancho de cada sección de almohadilla 422 puede ser igual o mayor que el ancho W7 de la capa de revestimiento 142b en la región adyacente a cada sección de almohadilla 422. Por ejemplo, el ancho W7 de la capa de revestimiento 142b en la región adyacente a la sección de almohadilla 422 respecto al ancho W6 de la sección de almohadilla 422 puede ser de 1:1 a 1:4,5. Cuando la relación es menor que 1:1, las características de unión del cable 142 y la sección de almohadilla 422 pueden ser inferiores. Por otro lado, cuando la relación es superior a 1:4,5, la pérdida por sombreado y los costes de fabricación pueden aumentar debido a que aumenta el área de la sección de almohadilla 422.

Por supuesto, las realizaciones de la presente invención no se limitan a las condiciones descritas anteriormente y, el ancho W6 y las longitudes L1 y L2 de cada sección de almohadilla 422 pueden tener diversos valores dentro de un intervalo capaz de mejorar la fuerza de fijación de la sección de almohadilla 422 al cable 142 a través de un aumento en el área de contacto de la sección de almohadilla 422 al cable 142. Como alternativa, puede ser posible proporcionar por separado las secciones de almohadilla 422.

De nuevo haciendo referencia a la figura 9, cada línea de barra colectora 42b puede incluir secciones de extensión 423 conectadas a cada extremo de la sección de línea 421 en la línea de barra colectora 42b mientras se divide la primera área de borde PA1 correspondiente del área de electrodo EA correspondiente. Las secciones de extensión 423 pueden conectar los extremos de las líneas de dedo 42a dispuestas adyacentes a la primera área de borde PA1. Cuando se proporcionan las secciones de extensión 423, las secciones de extensión 423 funcionan para proporcionar un trayecto, a lo largo del cual pueden fluir portadores cuando una parte de las líneas de dedo 42a está cortocircuitada.

Las secciones de extensión 423 pueden estar dispuestas inclinadas sobre las líneas de dedo 42a y la línea de barra colectora 42b de manera que el ancho de la primera área de borde PA1 se incremente gradualmente hacia el correspondiente de los bordes primero y segundo 161 y 162 de la célula solar 150. Por ejemplo, la primera área de borde PA1 puede tener una forma casi triangular. Las dos secciones de extensión 423 que definen la primera área de borde PA1 pueden tener una forma casi de "V". De acuerdo con tales formas, los extremos exteriores enfrentados de las líneas de dedo 42a en dos áreas de electrodo EA adyacentes a la primera área de borde PA1 pueden disponerse para que se separen gradualmente más entre sí. De forma adicional, la primera área de borde PA1 puede tener una forma con un ancho que aumenta gradualmente hacia el correspondiente primer o segundo borde 161 o 162 de la célula solar 150 entre las dos áreas de electrodo EA. En consecuencia, la parte de extremo de cada área de electrodo EA adyacente a la primera área de borde PA1 puede tener un ancho menor que la parte restante del área de electrodo EA. Por ejemplo, la primera área de borde PA1 puede tener una forma de triángulo isósceles, y cada área de electrodo EA puede tener una forma casi octogonal.

En consecuencia, cada cable 142 puede estar dispuesto de manera estable en las áreas de borde PA1 correspondientes sin unirse a las secciones de extensión 423 correspondientes. En esta realización, un extremo de cada cable 142 (un extremo superior en la figura 9) no conectado a otra célula solar 150 puede extenderse hacia el interior de la correspondiente primera área de borde PA1 dispuesta entre un extremo de la correspondiente sección de línea 421 y el correspondiente borde de la célula solar 150 (es decir, el primer borde 161) después de pasar un extremo de la sección de línea 421 (un extremo superior en la figura 9) y, como tal, puede disponerse dentro de la primera área de borde PA1. En consecuencia, puede ser posible fijar de manera estable el cable 142 a un extremo de la sección de línea 421 y, como tal, el cable 142 se puede fijar al primer electrodo 42 mediante una fuerza de fijación suficiente. Por otro lado, cuando un extremo del cable 142 está dispuesto en el extremo de la sección de línea 421, o no llega al extremo de la sección de línea 421, el extremo del cable 142 puede estar unido de manera inestable a la primera sección de almohadilla 422a dispuesta en el extremo de la sección de línea 421. Mientras tanto, cuando el cable 142 se extiende hasta la correspondiente segunda área de borde PA2, se puede generar un cortocircuito innecesario.

Mientras tanto, el otro extremo del cable (un extremo inferior en la figura 9) se conecta a la línea de barra colectora 42b de la célula solar vecina 150 después de pasar el otro extremo de la sección de línea 421, la correspondiente área de borde PA1 y la correspondiente segunda área de borde PA.

Por ejemplo, la longitud de una parte del cable 142 dispuesto en cada primera área de borde PA1 puede ser mayor que la longitud de una parte de la primera área de borde PA1 donde la parte del cable 142 no está dispuesta. Es decir, la relación entre la longitud L3 de la primera área de borde PA1 y la longitud L4 de la primera área de borde PA1 puede ser de 1:0,5 a 1:1. En este caso, el cable 142 se puede unir de manera estable a la primera sección de almohadilla 422a. En más detalle, la relación entre la longitud L3 de la primera área de borde PA1 y la longitud L4 de la primera área de borde PA1 puede ser de 1:0,6 a 1:0,9. Dentro de este intervalo, el cable 142 se puede unir de manera estable a la primera sección de almohadilla 422a mientras se evita que se extienda a la segunda área de borde PA2 correspondiente. Por supuesto, las realizaciones de la presente invención no se limitan a las condiciones descritas anteriormente.

Mientras tanto, el cable 142 puede disponerse sin estar unido a la célula solar 150 en la primera área de borde PA1 con la condición de que el cable 142 esté unido a la línea de barra colectora 42b. Esto se debe a que la capa de revestimiento 142b del cable 142, que incluye un material de soldadura, apenas se puede unir a la celda de soldadura 150 en una región donde la línea de barra colectora 42b no está dispuesta, aunque la capa de revestimiento 412b se puede unir de forma segura a la línea de barra colectora 42b (en particular, las secciones de almohadilla 422).

El ancho de cada primera área de borde PA1 dispuesta entre las más externas de las correspondientes líneas de dedo 42a, en concreto, un ancho W8, puede ser mayor que el ancho del cable 142. En consecuencia, el cable 142 puede estar dispuesto de manera estable en la primera área de borde PA1. En particular, el cable 142 se puede mantener en la primera área de borde PA1 incluso cuando el cable 142 se dobla lateralmente dentro de la primera área de borde PA1 durante un proceso de fijación del cable 142.

El ancho W8 de la primera área de borde PA1 puede ser de 0,73 a 3,8 mm. Por ejemplo, el ancho W8 de la primera área de borde PA1 puede ser de 0,73 a 2 mm. Mientras tanto, la relación entre el ancho W1 del cable 142 y el ancho de la primera área de borde PA1 puede ser de 1:1,46 a 1:15,2 (por ejemplo, 1:1,46 a 1:5). Dentro de este intervalo, el cable 142 puede estar dispuesto de manera estable en la primera área de borde PA1.

Mientras tanto, suponiendo que "L" representa el ancho W8 de la primera área de borde PA1, y "D" representa una distancia al borde, "L" y "D" pueden satisfacer la siguiente Expresión 1. Aquí, la distancia al borde D significa la distancia entre cada extremo del primer electrodo 42 y el borde de la célula solar 150 adyacente al extremo del primer electrodo 42 (más detalladamente, el primer o segundo borde 161 o 162) en una región donde se dispone el cable 142.

< Expresión 1 >

$$0,9 * (0,1569 * D + 0,3582) \leq L \leq 1,1 * (0,1569 * D + 0,3582)$$

(Aquí, la unidad de "L" es mm, y la unidad de "D" es mm.)

La Expresión 1 anterior se basa en el hecho de que el ancho W9 de la primera área de borde PA1 debe ser lo suficientemente grande cuando la distancia al borde D es grande, porque un fenómeno en el que se dobla el cable 142 puede aumentar cuando aumenta la distancia al borde D. Por supuesto, las realizaciones de la presente invención no se limitan a las condiciones descritas anteriormente.

El ancho de cada sección de extensión 423 es menor que el ancho de la sección de línea 421. Por ejemplo, el ancho de la sección de línea 421 puede tener un valor correspondiente a 2 veces o más el ancho de cada sección de extensión 423. A continuación, la suma de los anchos de dos secciones de extensión 423 en una región donde las dos secciones de extensión 423 se ramifican desde la sección de línea 421 es igual o menor que el ancho de la sección de línea 421. En consecuencia, puede ser posible minimizar el ancho de cada sección de extensión 423 mientras se evita que aumente el ancho de la línea de barra colectora 42b en una región donde las dos secciones de extensión 423 están conectadas a la sección de línea 421. Por ejemplo, el ancho W4 de la sección de línea 421 puede ser de 2 a 10 veces el ancho de cada sección de extensión 423. Mientras tanto, por ejemplo, el ancho de línea de cada sección de extensión 423 puede ser de 35 a 120 μm .

Mientras tanto, el ancho de cada sección de extensión 423 puede ser igual o similar al ancho de cada línea de dedo 42a. Por ejemplo, el ancho de cada sección de extensión 423 puede ser 2 veces o menos (por ejemplo, 0,5 a 2 veces) el ancho de cada línea de dedo 42a. En este caso, puede ser posible evitar un aumento en la pérdida por sombreado causada por las secciones de extensión 423 mientras se logran los efectos de las secciones de extensión 423. Por supuesto, las realizaciones de la presente invención no se limitan a las condiciones descritas anteriormente y, cada sección de extensión 423 puede tener diversos anchos en un intervalo capaz de conectar las líneas de dedo 42a correspondientes, logrando así el flujo de corriente.

En esta realización, cada línea de barra colectora 42b puede tener un espesor de 3 a 45 μm . Dentro de este intervalo de espesor, la línea de barra colectora 42b se puede formar fácilmente y puede tener una resistencia específica deseada. Por supuesto, las realizaciones de la presente invención no se limitan a las condiciones descritas anteriormente y, el espesor de la línea de barra colectora 42b o similar puede variar de acuerdo con las variaciones de las condiciones del proceso, tamaño de la célula solar 150, el material de la línea de barra colectora 42b, etc.

En esta realización, las líneas de dedo 42a y las líneas de barra colectora 42b pueden formarse como capas diferentes, respectivamente. Por ejemplo, como se ilustra en un círculo superior ampliado de la figura 9, primero se forman las líneas de barra colectora 42b, y luego se forman las líneas de dedo 42a para disponerse sobre las líneas de barra colectora 42b de manera que las líneas de dedo 42a correspondientes a cada línea de barra colectora 42b se superpongan al menos a una parte de la línea de barra colectora 42b correspondiente. En esta realización, las líneas de dedo 42a dispuestas a un lado (por ejemplo, un lado izquierdo de la figura 9) de cada línea de barra colectora 42b y las líneas de dedo 42a dispuestas en el otro lado (por ejemplo, un lado derecho de la figura 9) de la línea de barra colectora 42b están separadas entre sí. En la línea de barra colectora 42b, en consecuencia, hay una región donde no se forma la línea de dedo 42a y, como tal, los costes de fabricación pueden minimizarse en asociación con la formación de las líneas de dedo 42a. Por supuesto, las realizaciones de la presente invención no se limitan a las condiciones descritas anteriormente y, las líneas de dedo 42a pueden estar dispuestas para cruzar toda la parte de la línea de barra colectora 42b.

Las líneas de dedo 42a y las líneas de barra colectora 42b pueden estar hechas del mismo material o de materiales diferentes. Por ejemplo, cuando las líneas de dedo 42a y las líneas de barra colectora 42b se forman mediante impresión, una pasta para formar las líneas de barra colectora puede tener una viscosidad relativamente baja, mientras que una pasta para formar las líneas de dedo 42a puede tener una viscosidad relativamente alta. En este caso, en consecuencia,

después del curado, las líneas de barra colectora tienen un espesor mayor que las líneas de dedo 42a. En este sentido, cuando las líneas de dedo 42a se forman después de la formación de las líneas de barra colectora 42b, como se ha descrito anteriormente, se puede lograr una formación más estable de las mismas.

5 Por ejemplo, la pasta para formar las líneas de dedo 42a puede tener un mayor contenido de metal (por ejemplo, plata) que la pasta para formar las líneas de barra colectora 42b. En este caso, la resistencia de las líneas de dedo 42a directamente asociadas con la recogida de portadores puede reducirse y, como tal, se puede lograr una mejora en la eficiencia de recogida de portadores. De forma adicional, se puede lograr una reducción en los costes de fabricación de acuerdo con una reducción en el contenido de metal de las líneas de barra colectora 42b.

10 Mientras tanto, las líneas de dedo 42a del primer electrodo 42 se pueden formar para extenderse a través de la película de pasivación 22 y la película antirreflectante 24, y las líneas de barra colectora 42b se pueden formar en la película de pasivación 22 y la película antirreflectante 24. En este caso, las aberturas (designadas por el número de referencia "102" en la figura 3) que tienen una forma correspondiente a las líneas de dedo 42a pueden formarse en regiones donde no se forma una línea de barra colectora 42b. Es decir, las aberturas no se forman en regiones donde se forman las líneas de barra colectora 42b. En este caso, la región conductora 20 del primer tipo de conducción puede tener una forma correspondiente a las regiones donde se forman las aberturas 102. Es decir, en el área de electrodo EA, la región conductora 20 del primer tipo de conducción puede formarse para que tenga una forma correspondiente a las líneas de dedo 42a, sin formarse en regiones correspondientes a las líneas de barra colectora 42b. En este caso, la sección de línea 421, las secciones de almohadilla 422 y las secciones de extensión 423 que constituyen cada línea de barra colectora 42b están formadas sobre la película de pasivación 22 y la película antirreflectante 24, y la región conductora 20 del primer tipo de conducción puede no estar formada en regiones correspondientes a las secciones 421, 422 y 423 de cada línea de barra colectora 42b. A continuación, la sección de línea 421, las secciones de almohadilla 422 y las secciones de extensión 423 de cada línea de barra colectora 42b pueden constituir un electrodo flotante.

25 Por supuesto, las realizaciones de la presente invención no se limitan a las condiciones descritas anteriormente y, las líneas de barra colectora 42b pueden formarse después de la formación de las líneas de dedo 42a. Como alternativa, las líneas de dedo 42a y las líneas de barra 42b pueden formarse simultáneamente a través de un solo proceso, usando el mismo material, y, como tal, pueden adoptar la forma de una sola capa. Son posibles otras variaciones.

30 Mientras tanto, el primer electrodo 42 puede incluir además líneas de borde 42c cada una conectada a los extremos de las líneas de dedo más externas 42a adyacentes a uno correspondiente del tercer y cuarto borde 163 y 164 mientras divide una correspondiente de las segundas áreas de borde PA2 del área de electrodo EA. Cada línea de borde 42c puede estar separada del tercer o cuarto borde 163 o 164 correspondiente por una distancia uniforme en una región adyacente al tercer o cuarto borde 163 o 164 correspondiente mientras tiene una forma idéntica o similar a la del tercer o cuarto borde 163 o 164 correspondiente. En este caso, cada línea de borde 42c conecta los extremos de las líneas de dedo 42a adyacentes al tercer o cuarto borde 163 o 164 correspondiente.

40 Las segundas áreas de borde PA2 pueden estar dispuestas entre las líneas de borde 42c y el tercer y cuarto borde 163 y 164 y entre el primer y segundo borde 161 y 162 y las líneas de dedo más externas 42a adyacentes al primer y segundo borde 161 y 162, respectivamente, para adoptar la forma de un armazón. Cada segunda área de borde PA2 puede tener un ancho W9 de 0,5 a 1,5 mm. Cuando el ancho W9 de la segunda área de borde PA2 es inferior a 0,5 mm, pueden ocurrir derivaciones innecesarias. Por otro lado, cuando el ancho W9 de la segunda área de borde PA2 es superior a 1,5 mm, el área de una región ineficaz puede aumentar y, como tal, la eficiencia de la célula solar 150 puede ser insuficiente. Por supuesto, las realizaciones de la presente invención no se limitan a las condiciones descritas anteriormente.

50 El ancho de cada línea de borde 42c puede ser igual o similar al ancho de cada línea de dedo 42a. El ancho y el espesor de cada línea de dedo 42a y las relaciones de cada línea de dedo 42a con otras secciones de electrodo y el cable 142 pueden aplicarse a las líneas de borde 42c de la misma manera.

55 En esta realización, cuando "W" representa el ancho W1 del cable 142, y "D" representa la distancia al borde entre cada extremo del primer electrodo 42 y el borde de la célula solar 150 adyacente al extremo del primer electrodo 42 (más detalladamente, el primer o segundo borde 161 o 162) en una región donde se dispone el cable 142, "W" y "D" pueden satisfacer la siguiente Expresión 2.

$$\langle \text{Expresión 2} \rangle \\ 13,732 * \ln(W) - 71,436 - 0,0000321462 * (W)^2 \leq D \leq 13,732 * \ln(W) - 71,436 + 0,0000321462 * (W)^2$$

(Aquí, la unidad de "W es μm , y la unidad de "D" es mm.)

60 Como se ha descrito anteriormente, se aplica fuerza, en una dirección alejada de la célula solar 150, al cable 142 en un extremo del primer electrodo donde se dispone el cable 142 y, como tal, la fuerza de fijación entre el cable 142 y el primer electrodo 42 puede reducirse. Es decir, como se ilustra en la figura 11, cuando aumenta el ancho W1 del cable 142, el grado de flexión de la célula solar 150 o del sustrato semiconductor 160 aumenta. Como referencia, en la figura 11, "Alambre 300" corresponde al caso en el que el ancho W1 del cable 142 es de 300 μm , "Alambre 330" corresponde al caso en el que el ancho W1 del cable 142 es de 330 μm , y "Alambre 400" corresponde al caso en el que el ancho W1 del

cable 142 es de 400 μm . Cuando aumenta el ancho W1 del cable 142, se aplica una fuerza mayor al cable 142 en un extremo del primer electrodo en una dirección que se aleja de la célula solar 150 y, como tal, la fuerza de fijación entre el cable 142 y el primer electrodo 42 puede reducirse. Para evitar tal reducción de la fuerza de fijación, la distancia al borde D está suficientemente asegurada en esta realización, para minimizar la tensión aplicada al primer electrodo 42.

5

Es decir, cuando aumenta el ancho W1 del cable 142, puede ser posible proporcionar suficiente fuerza de fijación entre el cable 142 y el primer electrodo 42 aumentando la distancia al borde D, y luego proponer el intervalo de la distancia al borde D según el ancho W1 del cable 142 como se expresa en la Expresión 2.

10

En más detalle, la fuerza de fijación del cable 142 en el extremo del primer electrodo 42 se mide mientras se varía el ancho W1 del cable 142 y la distancia al borde D. Durante la medición, se buscaron los casos en los que se exhibe una fuerza de fijación que tiene un valor predeterminado o más (por ejemplo, 1,5 N o más, más preferentemente, 2 N o más), y los casos que tienen el valor predeterminado o más se marcaron en la figura 12, usando una marca "x". Después, se buscó un intervalo de la distancia al borde D según el ancho W1 del cable 142 donde se ubican las marcas "x" y, como tal, se derivó la Expresión 2 anterior en cuanto a los límites inferior y superior de la distancia al borde D.

15

Cuando la distancia al borde D está dentro del intervalo expresado por la Expresión 2 anterior bajo la condición de que el ancho W1 del cable 142 tiene un valor constante, el cable 142, que tiene forma de alambre, puede mantenerse en un estado de unión estable a los extremos del primer electrodo 42. En esta realización, en consecuencia, puede ser posible no solo lograr diversos efectos según el uso del cable 142, que tiene forma de alambre, sino también mejorar la fuerza de fijación del cable 142 mediante el ajuste de la distancia al borde D.

20

Dado que el ancho W1 del cable 142 es de 250 a 500 μm , la distancia al borde D puede tener un valor de 2,37 a 21,94 mm. En más detalle, cuando el ancho W1 del cable 142 es igual o superior a 250 μm , pero menor de 300 μm , la distancia al borde D puede ser de 2,37 a 9,78 mm. Cuando el ancho W1 del cable 142 es igual o superior a 300 μm , pero menor de 350 μm , la distancia al borde D puede ser de 3,99 a 12,94 mm. Cuando el ancho W1 del cable 142 es igual o superior a 350 μm , pero menor de 400 μm , la distancia al borde D puede ser de 5,06 a 15,98 mm. Cuando el ancho W1 del cable 142 es igual o superior a 400 μm , pero menor de 450 μm , la distancia al borde D puede ser de 5,69 a 18,96 mm. Cuando el ancho W1 del cable 142 es igual o superior a 450 μm , pero menor de 500 μm , la distancia al borde D puede ser de 5,94 a 21,94 mm. En los intervalos antes descritos, La Expresión 2 se satisface y, como tal, se puede proporcionar una fuerza de fijación superior.

25

30

Por ejemplo, cuando el ancho W1 del cable 142 es igual o superior a 250 μm , pero menor de 300 μm , la distancia al borde D puede ser de 4 a 9,78 mm. Cuando el ancho W1 del cable 142 es igual o superior a 300 μm , pero menor de 350 μm , la distancia al borde D puede ser de 6 a 12,94 mm. Cuando el ancho W1 del cable 142 es igual o superior a 350 μm , pero menor de 400 μm , la distancia al borde D puede ser de 9 a 15,98 mm. Cuando el ancho W1 del cable 142 es igual o superior a 400 μm , pero menor de 450 μm , la distancia al borde D puede ser de 10 a 18,96 mm. Cuando el ancho W1 del cable 142 es igual o superior a 450 μm , pero menor de 500 μm , la distancia al borde D puede ser de 12 a 21,94 mm. En los intervalos antes descritos, puede proporcionarse una fuerza de fijación suficiente de forma más estable. En particular, en esta realización, cuando el ancho W1 del cable 142 es igual o superior a 350 μm , pero menor de 400 μm , la distancia al borde D puede ser de 9 a 15,98 mm. En este caso, la potencia de salida del panel de células solares 100 puede maximizarse. Por supuesto, las realizaciones de la presente invención no se limitan a las condiciones descritas anteriormente.

35

40

45

Por ejemplo, la distancia al borde D puede ser menor que el ancho W2 de la primera área de electrodo EA1 (es decir, la distancia o paso entre dos líneas de barra colectora vecinas 42b o entre cables vecinos 142 mientras que es menor que el ancho W3 de la segunda área de electrodo EA2 (es decir, la distancia entre la línea de barra colectora 42b o el cable 142 adyacente a un borde de la célula solar 150 y el borde de la célula solar 150). En consecuencia, la distancia al borde D puede definirse para lograr una mejora en la eficiencia de recogida de portadores. Por supuesto, las realizaciones de la presente invención no se limitan a las condiciones descritas anteriormente.

50

En esta realización, la distancia al borde D entre cada primera sección de almohadilla 422a y uno correspondiente de los bordes primero y segundo 161 y 162 puede satisfacer la Expresión 2 anterior porque la primera sección de almohadilla 422a está dispuesta en el extremo correspondiente de la línea de barra colectora 42b donde el cable 142 está dispuesto.

55

El número de cables 142 (el número de líneas de barra colectora 42b) dispuestos en una superficie de la célula solar 150 se relaciona con el ancho W1 de cada cable 142. La figura 13 es un diagrama que representa las salidas del panel de células solares 100 medidas mientras varía el ancho de cada cable 142 y el número de cables 142. Haciendo referencia a la figura 13, se puede encontrar que, cuando se proporcionan de 6 a 33 cables 142 que tienen un ancho W1 de 250 a 500 μm , la potencia de salida del panel de células solares 100 exhibe un valor superior. En este caso, se puede encontrar que, cuando aumenta el ancho W1 de cada cable 142, el número requerido de cables 142 puede reducirse.

60

Por ejemplo, cuando el ancho W1 del cable 142 es igual o superior a 250 μm , pero menor de 300 μm , el número de cables 142 (con referencia a una superficie de la célula solar 150) puede ser de 15 a 33. Cuando el ancho W1 del cable 142 es igual o superior a 300 μm , pero menor de 350 μm , el número de cables 142 puede ser de 10 a 33. Cuando el ancho W1 del cable 142 es igual o superior a 350 μm , pero menor de 400 μm , el número de cables 142 puede ser de 8 a 33. Cuando

65

el ancho W1 del cable 142 es igual o superior a 400 μm , pero menor de 500 μm , el número de cables 142 puede ser de 6 a 33. Mientras tanto, cuando el ancho W1 del cable 142 es igual o superior a 350 μm , puede ser difícil aumentar aún más la potencia de salida del panel de células solares 100 aunque el número de cables 142 supere los 15. Cuando aumenta el número de cables 142, se puede aumentar la carga en la célula solar 150. En este sentido, cuando el ancho W1 del cable 142 es igual o superior a 350 μm , pero menor de 400 μm , el número de cables 142 puede ser de 8 a 15. De forma adicional, cuando el ancho W1 del cable 142 es igual o superior a 400 μm , pero menor de 500 μm , el número de cables 142 puede ser de 6 a 15. Para mejorar aún más la potencia de salida del panel de células solares 100, el número de cables 142 puede ser igual o superior a 10 (por ejemplo, 12 a 13). Por supuesto, las realizaciones de la presente invención no se limitan a las condiciones descritas anteriormente y, el número de cables 142 y el número de líneas de barra colectora 42b pueden tener diversos valores.

Mientras tanto, el paso de los cables 142 (o el paso de las líneas de barra colectora 42b) puede ser de 4,75 a 26,13 mm. Este paso está determinado, teniendo en cuenta el ancho W1 de cada cable 142 y el número de cables 142. Por ejemplo, cuando el ancho W1 del cable 142 es igual o superior a 250 μm , pero menor de 300 μm , el paso de los cables 142 puede ser de 4,75 a 10,45 mm. Cuando el ancho W1 del cable 142 es igual o superior a 300 μm , pero menor de 350 μm , el paso de los cables 142 puede ser de 4,75 a 15,68 mm. Cuando el ancho W1 del cable 142 es igual o superior a 350 μm , pero menor de 400 μm , el paso de los cables 142 puede ser de 4,75 a 19,59 mm. Cuando el ancho W1 del cable 142 es igual o superior a 400 μm , pero menor de 500 μm , el paso de los cables 142 puede ser de 4,75 a 26,13 mm. En más detalle, cuando el ancho W1 del cable 142 es igual o superior a 350 μm , pero menor de 400 μm , el paso de los cables 142 puede ser de 10,45 a 19,59 mm. Cuando el ancho W1 del cable 142 es igual o superior a 400 μm , pero menor de 500 μm , el paso de los cables 142 puede ser de 10,45 a 26,13 mm. Por supuesto, las realizaciones de la presente invención no se limitan a las condiciones descritas anteriormente, y el paso de los cables 142 y el paso de las líneas de barra colectora 42b pueden tener diversos valores.

En esta realización, el primer electrodo 42, cables 142, área de electrodo EA, área de borde PA, etc., pueden estar dispuestos simétricamente en una dirección lateral (una dirección paralela a las líneas de dedo 42a) y una dirección vertical (una dirección paralela a las líneas de barra colectora 42b o los cables 142). De acuerdo con esta disposición, se puede lograr un flujo de corriente estable. Por supuesto, las realizaciones de la presente invención no se limitan a la disposición descrita anteriormente.

Como se ha descrito anteriormente, se proporciona una distancia al borde D suficiente entre un extremo de cada línea de barra colectora 42b (por ejemplo, un extremo superior de la figura 9) y/o el otro extremo de cada línea de barra colectora 42b (por ejemplo, un extremo inferior de la figura 9) y el borde de la célula solar 150 adyacente al mismo (es decir, el primer y/o segundo borde 161 o 162). En consecuencia, la distancia entre ambos extremos de la línea de barra colectora 42b en una dirección de extensión de la línea de barra colectora 42b es más corta que la distancia en la dirección de extensión de la línea de barra colectora 42b entre una línea de dedo más externa 42a dispuesta en un lado de extremo de la línea de barra colectora 42b (la línea de dedo más superior en la figura 9) y la otra línea de dedo más externa 42a dispuesta en el otro lado de extremo de la línea de barra colectora 42a (la línea de dedo más inferior en la figura 9) entre las líneas de dedo 42a. Así, los efectos de la distancia al borde D pueden lograrse suficientemente.

La descripción anterior se ha dado principalmente junto con el primer electrodo 42 con referencia a las figuras 9 a 13. El segundo electrodo 44 puede incluir líneas de dedo, líneas de barra colectora y líneas de borde correspondientes respectivamente a las líneas de dedo 42a, líneas de barra colectora 42b y líneas de borde 42c del primer electrodo 42. Las descripciones dadas de las líneas de dedo 42a, las líneas de barra colectora 42b y las líneas de borde 42c del primer electrodo 42 se pueden aplicar a las líneas de dedo, líneas de barra colectora y líneas de borde del segundo electrodo 44 de manera correspondiente. Como tal, la descripción dada de la región conductora 20 del primer tipo de conducción asociada con el primer electrodo 42 puede aplicarse a la región conductora 30 del segundo tipo de conducción asociada con el segundo electrodo 44 de manera correspondiente. La descripción dada de la primera película de pasivación 22, la película antirreflectante 24 y las aberturas 102 asociadas con el primer electrodo 42 pueden aplicarse a la segunda película de pasivación 30 y las aberturas 104 asociadas con el segundo electrodo 44 de manera correspondiente.

El ancho, paso, número, etc., de líneas de dedo 44a, los anchos de las secciones de línea y almohadilla de las líneas de barra colectora 44b y el paso, número, etc., de las líneas de barra colectora 44b en el segundo electrodo 44 pueden ser iguales al ancho, paso, número, etc., de líneas de dedo 42a, los anchos de las secciones de línea y almohadilla 421 y 422 de las líneas de barra colectora 42b y el paso, número, etc., de las líneas de barra colectora 42b en el primer electrodo 42, respectivamente. Como alternativa, el ancho, paso, número, etc., de líneas de dedo 44a, los anchos de las secciones de línea y almohadilla de las líneas de barra colectora 44b y el paso, número, etc., de las líneas de barra colectora 44b en el segundo electrodo 44 pueden diferir del ancho, paso, número, etc., de líneas de dedo 42a, los anchos de las secciones de línea y almohadilla 421 y 422 de las líneas de barra colectora 42b y el paso, número, etc., de las líneas de barra colectora 42b en el primer electrodo 42, respectivamente. Por ejemplo, las secciones de electrodo del segundo electrodo 44, sobre el que incide una cantidad relativamente pequeña de luz, pueden tener un ancho mayor que las secciones de electrodo correspondientes del primer electrodo 42 y un paso menor que las secciones de electrodo correspondientes del primer electrodo 42. Son posibles otras variaciones. Por supuesto, el número y el paso de las líneas de barra colectora 42b en el primer electrodo 42 pueden ser iguales a los del segundo electrodo 44. De forma adicional, el segundo electrodo 44 puede tener una forma plana diferente a la del primer electrodo 42. Son posibles otras variaciones.

De acuerdo con esta realización, puede ser posible minimizar la pérdida por sombreado a través de la reflexión difusa, usando los cables 142 en forma de alambre. También puede ser posible reducir el trayecto de movimiento de los portadores al reducir el paso de los cables 142. En consecuencia, la eficiencia de la célula solar 150 y la potencia de salida del panel de células solares 100 pueden mejorarse. De forma adicional, puede ser posible mejorar la fuerza de fijación entre cada cable 142 con forma de alambre y el primer electrodo 42 definiendo la distancia al borde D del primer electrodo 42 de acuerdo con el ancho del cable 142. En consecuencia, los daños a la célula solar 150 o similares, que pueden ocurrir debido a la separación del cable 142 del primer electrodo 42, pueden prevenirse y, como tal, la célula solar 150 puede tener características eléctricas y fiabilidad superiores. De forma adicional, puede ser posible maximizar la potencia de salida del panel de células solares 100 definiendo el número de cables 142 de acuerdo con el ancho W1 de cada cable 142.

En adelante en el presente documento, una célula solar según otra realización de la presente invención y un panel de células solares que incluye la misma se describirán con referencia a los dibujos adjuntos. La descripción anterior puede aplicarse a partes idénticas o similares a las descritas anteriormente de la misma manera y, como tal, no se dará ninguna descripción de las partes idénticas o similares, y solo se describirán en detalle las partes diferentes a las descritas anteriormente. Las combinaciones de la realización descrita anteriormente, variaciones de la misma y las siguientes realizaciones y variaciones también caen dentro del alcance de las realizaciones de la presente invención.

La figura 14 es una vista en planta que ilustra una parte de la superficie frontal de una célula solar según otra realización de la presente invención.

Haciendo referencia a la figura 14, la célula solar puede incluir secciones de ruptura de línea S, en las que las líneas de dedo 42a dispuestas entre dos líneas de barra colectora vecinas 42b se rompen en partes respectivas de las mismas sin extenderse de forma continua.

En este caso, las secciones de ruptura de línea S pueden formarse en las líneas de dedo 42a dispuestas en las primeras áreas de electrodo EA1, respectivamente, y pueden no formarse en las líneas de dedo 42a dispuestas en las segundas áreas de electrodo EA2. Aunque las líneas de dedo 42a en cada primera área de electrodo EA1 tienen respectivas secciones de ruptura de línea S, la corriente puede fluir suavemente a través de las líneas de dedo 42a porque las líneas de dedo 42a están conectadas a dos líneas de barra colectora vecinas 42b o cables 142 en lados opuestos de las mismas. En este caso, en consecuencia, puede ser posible reducir el área del primer electrodo 42 sin obstruir el flujo de corriente en la primera área de electrodo EA1 y, como tal, se pueden reducir los costes de fabricación y la pérdida por sombreado. Por otro lado, las líneas de dedo 42a en cada segunda área de electrodo EA2 están conectadas a una línea de barra colectora 42b o al cable 142 solo en un lado de la misma, y no tienen sección de ruptura de línea S y, como tal, la corriente puede fluir suavemente a la línea de barra colectora 42b o al cable 142 dispuesto a un lado de las líneas de dedo 42a.

Las secciones de ruptura de línea S de las líneas de dedo 42a en cada primera área de electrodo EA1 pueden estar dispuestas centralmente entre dos líneas de barra colectora vecinas 42b correspondientes a la primera área de electrodo EA1. En consecuencia, puede ser posible minimizar un trayecto de movimiento de corriente.

El ancho de cada sección de ruptura de línea S puede ser 0,5 veces o más el paso de cada línea de dedo 42a, y puede ser 0,5 veces o menos el paso de cada línea de barra colectora 42b. Cuando el ancho de cada sección de ruptura de línea S es inferior a 0,5 veces el paso de cada línea de dedo 42a, los efectos de la sección de ruptura de línea S pueden ser insuficientes porque la sección de ruptura de línea S es demasiado estrecha. Por otro lado, cuando el ancho de cada sección de ruptura de línea S es mayor que 0,5 veces el paso de cada línea de barra colectora 42b, las características eléctricas pueden degradarse porque la sección de ruptura de línea S es demasiado ancha. Por ejemplo, el ancho de la sección de ruptura de línea S puede ser de 1,5 a 1,8 mm. Mientras tanto, por ejemplo, el ancho de cada sección de ruptura de línea S puede ser mayor que el ancho W6 de cada sección de almohadilla 422 en cada línea de barra colectora 42b. Dentro de este intervalo, los efectos de la sección de ruptura de línea S pueden maximizarse. Por supuesto, las realizaciones de la presente invención no se limitan a las condiciones descritas anteriormente, y el ancho de cada sección de ruptura de línea S puede tener diversos valores.

La relación del número de líneas de dedo 42a que tienen secciones de ruptura de línea S en cada primera área de electrodo EA1 puede ser de 0,33 a 1 veces el número total de líneas de dedo 42a en la primera área de electrodo EA1 cuando los números de las líneas de dedo 42a se miden en una dirección paralela a las líneas de barra colectora 42b. Dentro de este intervalo, los efectos de la sección de ruptura de línea S pueden maximizarse. Por ejemplo, en esta realización, en cada primera área de electrodo EA1, las líneas de dedo 42a que conectan dos líneas vecinas 42b y las líneas de dedo 42a que tienen secciones de ruptura de línea S están dispuestas alternativamente una a una. En este caso, en consecuencia, puede ser posible minimizar la distancia de movimiento promedio de los portadores mientras se proporciona un número suficiente de secciones de ruptura de línea S. Por supuesto, las realizaciones de la presente invención no se limitan a las condiciones descritas anteriormente, y la relación numérica descrita anteriormente puede variar.

Aunque las secciones de ruptura de línea S se ilustran en la figura 14 como proporcionadas en cada primera área de electrodo EA1, las realizaciones de la presente invención no se limitan a ello. Las secciones de ruptura de línea S pueden proporcionarse en una parte de la pluralidad de primeras áreas de electrodo EA1, y pueden no proporcionarse en la parte

restante de la pluralidad de primeras áreas de electrodo EA1. En los dibujos y la descripción anterior, aunque la ilustración y la descripción se han dado junto con el primer electrodo 42, la descripción puede aplicarse al segundo electrodo 44 de la misma manera.

5 La figura 15 es una vista en planta que ilustra una parte de la superficie frontal de una célula solar según otra realización de la presente invención.

10 Haciendo referencia a la figura 15, la célula solar puede incluir líneas de dedo 42a, cada una dispuesta entre dos líneas de barra colectora vecinas 42b, mientras que tiene partes que tienen diferentes anchos de línea. Cada una de las líneas de dedo 42a puede incluir una parte estrecha S1 que tiene un ancho relativamente pequeño y una parte ancha S2 que tiene un ancho relativamente grande.

15 Por ejemplo, en esta realización, cada una de las líneas de dedo 42a dispuestas en cada primera área de electrodo EA1 puede incluir una parte estrecha S1 y una parte ancha S2, y cada una de las líneas de dedo 42a dispuestas en cada segunda área de electrodo EA2 tiene un ancho uniforme (por ejemplo, un ancho igual al de la parte ancha S2). En la primera área de electrodo EA1, la corriente puede fluir suavemente porque las líneas de dedo 42a están conectadas entre dos líneas de barra colectora vecinas 42b o cables 142. En consecuencia, puede ser posible reducir el área del primer electrodo 42 en virtud de las partes estrechas S1 del primer electrodo 42 sin obstruir el flujo de corriente y, como tal, se pueden reducir los costes de fabricación y la pérdida por sombreado. Por otro lado, en la segunda área de electrodo EA2, las líneas de dedo 42a están conectadas a una línea de barra colectora 42b o al cable 142 solo en un lado de las mismas, y tienen un ancho uniforme porque no se proporciona una parte estrecha S1 y, como tal, la corriente puede fluir a la línea de barra colectora 42b o al cable 142 dispuesto a un lado de las líneas de dedo 42a.

25 En esta realización, las partes estrechas S1 de las líneas de dedo 42a pueden estar dispuestas centralmente entre dos líneas de barra colectora vecinas 42b, y las líneas de dedo 42a pueden tener un ancho que aumenta gradualmente 10 hacia las dos líneas de barra colectora vecinas 42b. En consecuencia, se puede lograr un flujo de corriente uniforme. Por supuesto, las realizaciones de la presente invención no se limitan a las condiciones antes descritas, y las líneas de dedo 42a, cada una de las cuales tiene la parte estrecha S1 y la parte ancha S2, pueden tener diversas formas.

30 La relación del número de líneas de dedo 42a que tienen partes estrechas S1 en cada primera área de electrodo EA1 puede ser de 0,33 a 1 veces el número total de líneas de dedo 42a en la primera área de electrodo EA1 cuando los números de las líneas de dedo 42a se miden en una dirección paralela a las líneas de barra colectora 42b. Dentro de este intervalo, los efectos de la sección de ruptura de línea S pueden maximizarse.

35 Aunque las partes estrechas S1 se ilustran en la figura 15 como proporcionadas en cada primera área de electrodo EA1, las realizaciones de la presente invención no se limitan a ello. Las partes estrechas S1 se pueden proporcionar en una parte de la pluralidad de primeras áreas de electrodo EA1, y se pueden no proporcionar en la parte restante de la pluralidad de primeras áreas de electrodo EA1. De forma adicional, la sección de ruptura de línea S ilustrada en la figura 14 puede proporcionarse en combinación con la parte estrecha S1. En los dibujos y la descripción anterior, aunque la ilustración y la descripción se han dado junto con el primer electrodo 42, la descripción puede aplicarse al 25 segundo electrodo 44 de la misma manera.

45 En adelante en el presente documento, las realizaciones de la presente invención se describirán con más detalle con referencia a un ejemplo experimental según la presente invención. El siguiente ejemplo experimental es solo ilustrativo como referencia y, como tal, las realizaciones de la presente invención no se limitan a ello.

Ejemplo Experimental

50 Un cable que tenía una sección transversal circular y un ancho de 300 μm se unió a una célula solar que tenía una distancia al borde de 7,5 mm. A continuación, se midió la fuerza de fijación mientras se tiraba del cable usando un dispositivo experimental (por ejemplo, un dispositivo de ensayo de tracción). Los valores medidos de la fuerza de fijación se representan en la figura 16.

55 En la figura 16, el eje horizontal representa la distancia y el eje vertical representa la fuerza de fijación. El eje horizontal se puede dividir en tres secciones. La primera sección, en concreto, una sección I, es una sección en la que se comienza a tirar del cable y se continúa antes de que se apriete el cable. La segunda sección, en concreto, una sección II, es una sección en la que el dispositivo experimental realmente aprieta el cable de acuerdo con la tracción. La tercera sección, en concreto, una sección III, es una sección en la que el cable se separa de las secciones de almohadilla. En consecuencia, la fuerza de fijación real se puede medir en la segunda sección II.

60 En la primera sección I, no se aplica ninguna fuerza real al cable porque la primera sección I es una sección de pequeña distancia.

65 En la segunda sección II, el dispositivo experimental tira continuamente del cable. En consecuencia, a medida que aumenta la distancia en la segunda sección II, la tensión aplicada al cable aumenta en proporción a la distancia. Así, el gráfico de la figura 16 representa un aumento gradual de la fuerza de fijación hacia un vértice. En más detalle, la fuerza

de fijación aumenta gradualmente en la segunda sección II y luego disminuye abruptamente después de pasar un vértice de 2,058 N.

5 La tercera sección III es una sección que sigue al vértice de la fuerza de fijación. En la tercera sección III, la tensión aplicada al cable se reduce abruptamente porque el cable se separa de las primeras secciones de almohadilla.

Puede verse que la fuerza de fijación del cable según esta realización exhibe un valor superior de 2,058 N.

10 Las características, estructuras, efectos, etc., como se describe anteriormente se incluyen en al menos una realización, y no se limitan a una realización particular. De forma adicional, aunque las realizaciones de ejemplo de la presente invención se han divulgado con fines ilustrativos, los expertos en la materia apreciarán que diversas modificaciones, adiciones y sustituciones son posibles, sin apartarse del alcance de la invención como se divulga en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un módulo de células solares que comprende:
- una pluralidad de células solares, incluyendo cada una;
 - 5 - un sustrato semiconductor (160),
 - una pluralidad de líneas de electrodos de dedo (42a) formadas en el sustrato semiconductor en una primera dirección, 6 o más líneas de electrodo de barra colectora (42b) formadas para extenderse en una segunda dirección cruzando la pluralidad de líneas de electrodos de dedo, y
 - 10 - una pluralidad de secciones de almohadilla (422) formadas en las líneas de electrodo de barra colectora, en donde las secciones de almohadilla (422) tienen un ancho mayor que las otras secciones de electrodo de barra colectora, y
 - en donde 6 o más cables (142) conectan eléctricamente dos células solares vecinas de la pluralidad de células solares, teniendo cada cable una capa central (142a) y una capa de revestimiento (142b), y teniendo una sección transversal circular y un primer ancho de 250 a 500 μm
 - 15 - en donde los cables (142) están unidos a la pluralidad de secciones de almohadilla (422), y un ancho de cada sección de almohadilla (422) es igual o mayor que el ancho (W7) de la capa de revestimiento (142b) en la región adyacente a cada sección de almohadilla (422).
2. El módulo de células solares según la reivindicación 1,
- en donde:
 - 20 - la pluralidad de secciones de almohadilla están dispuestas para estar separadas entre sí en la segunda dirección.
3. El módulo de células solares según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
- en donde la pluralidad de secciones de almohadilla comprende primeras secciones de almohadilla y segundas secciones de almohadilla que tienen diferentes anchos en la primera dirección y/o diferentes longitudes en la segunda dirección.
 - 25
4. El módulo de células solares según la reivindicación 3,
- en donde el ancho en la primera dirección de las primeras secciones de almohadilla es mayor que el ancho en la primera dirección de las segundas secciones de almohadilla y/o la longitud en la segunda dirección de las primeras secciones de almohadilla es mayor que la longitud en la segunda dirección de las segundas secciones de almohadilla.
 - 30
5. El módulo de células solares según la reivindicación 4,
- en donde las primeras secciones de almohadilla están dispuestas en extremos opuestos de las secciones de almohadilla en la segunda dirección.
- 35
6. El módulo de células solares según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
- en donde las 6 o más líneas de electrodo de barra colectora tienen una primera distancia entre dos líneas vecinas de las líneas de electrodo de barra colectora, y una segunda distancia entre una de las líneas de electrodo de barra colectora adyacente a un borde de la célula solar y el borde de la célula solar, siendo la segunda distancia mayor que la primera distancia.
 - 40
7. El módulo de células solares según la reivindicación 6,
- en donde se define una distancia al borde entre un extremo de la una de las líneas de electrodo de barra colectora y un borde de la célula solar adyacente al mismo o entre el otro extremo de la una de las líneas de electrodo de barra colectora y un borde de la célula solar adyacente al mismo, siendo la distancia al borde menor que la primera distancia y la segunda distancia.
 - 45
8. El módulo de células solares según las reivindicaciones 6 o 7,
- en donde se cumple al menos uno de los siguientes:
 - 50 - se define una distancia al borde de 2,37 a 21,94 mm entre un extremo de la una de las líneas de electrodo de barra colectora y un borde de la célula solar adyacente al mismo o entre el otro extremo de la una de las líneas de electrodo de barra colectora y un borde de la célula solar adyacente al mismo; y
 - se define un área de borde entre un extremo de la una de las líneas de electrodo de barra colectora y un borde de la célula solar adyacente al mismo o entre el otro extremo de la una de las líneas de electrodo de barra colectora y un borde de la célula solar adyacente al mismo, teniendo el área de borde un ancho de 0,73 a 3 mm en una posición adyacente a un borde correspondiente de los bordes de la célula solar.
 - 55
9. El módulo de células solares según la reivindicación 8,
- en donde la distancia al borde es de 9 a 15,99 mm.
- 60
10. El módulo de células solares según una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 9,
- en donde se define un área de borde entre un extremo de la una de las líneas de electrodo de barra colectora y un borde de la célula solar adyacente al mismo o entre el otro extremo de la una de las líneas de electrodo de barra colectora y un borde de la célula solar adyacente al mismo; y
 - 65 - cuando "L" representa un ancho del área de borde en una posición adyacente a uno de los bordes correspondientes de la célula solar, y "D" representa una distancia al borde que es una longitud del área de borde, "L" y "D" satisfacen la siguiente Expresión:

$$0,9 * (0,1569 * D + 0,3582) \leq L \leq 1,1 * (0,1569 * D + 0,3582)$$

donde, la unidad de "L" es mm, y la unidad de "D" es mm.

- 5 11. El módulo de células solares según unacualquiera de las reivindicaciones 6 a 10, en donde, cuando "W" representa el ancho de los cables, y "D" representa una distancia al borde entre un extremo de una de las líneas de electrodo de barra colectora y un borde de la célula solar adyacente al mismo o entre el otro extremo de una de las líneas de electrodo de barra colectora y un borde de la célula solar adyacente al mismo, "W" y "D" satisfacen la siguiente Expresión: 15

10
$$13,732 * \ln(W) - 71,436 - 0,0000321462 * (W)^2 \leq D \leq 13,732 * \ln(W) - 71,436 + 0,0000321462 * (W)^2$$

donde, la unidad de "W" es μm , y la unidad de "D" es mm.

- 15 12. El módulo de células solares según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
 - en donde cada uno de la pluralidad de cables tiene un extremo dispuesto en una de las células solares vecinas entre un extremo de una correspondiente de las líneas de electrodo de barra colectora y un borde de la célula solar adyacente al mismo, y el otro extremo conectado a una correspondiente de las líneas de electrodo de barra colectora en la otra de las células solares vecinas.

- 20 13. El módulo de células solares según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
 - en donde cada una de la pluralidad de células solares comprende una pluralidad de áreas de electrodos, en donde la pluralidad de líneas de dedo están dispuestas con un paso uniforme,
 - en donde la pluralidad de áreas de electrodo comprende primeras áreas de electrodo, cada una dispuesta entre dos adyacentes de la pluralidad de cables, y segundas áreas de electrodo, cada una dispuesta entre un borde de la célula solar y un cable correspondiente de la pluralidad de cables adyacentes al borde de la célula solar, y
 25 - en donde las segundas áreas de electrodo tienen un ancho mayor que las primeras áreas de electrodo.

FIG. 1

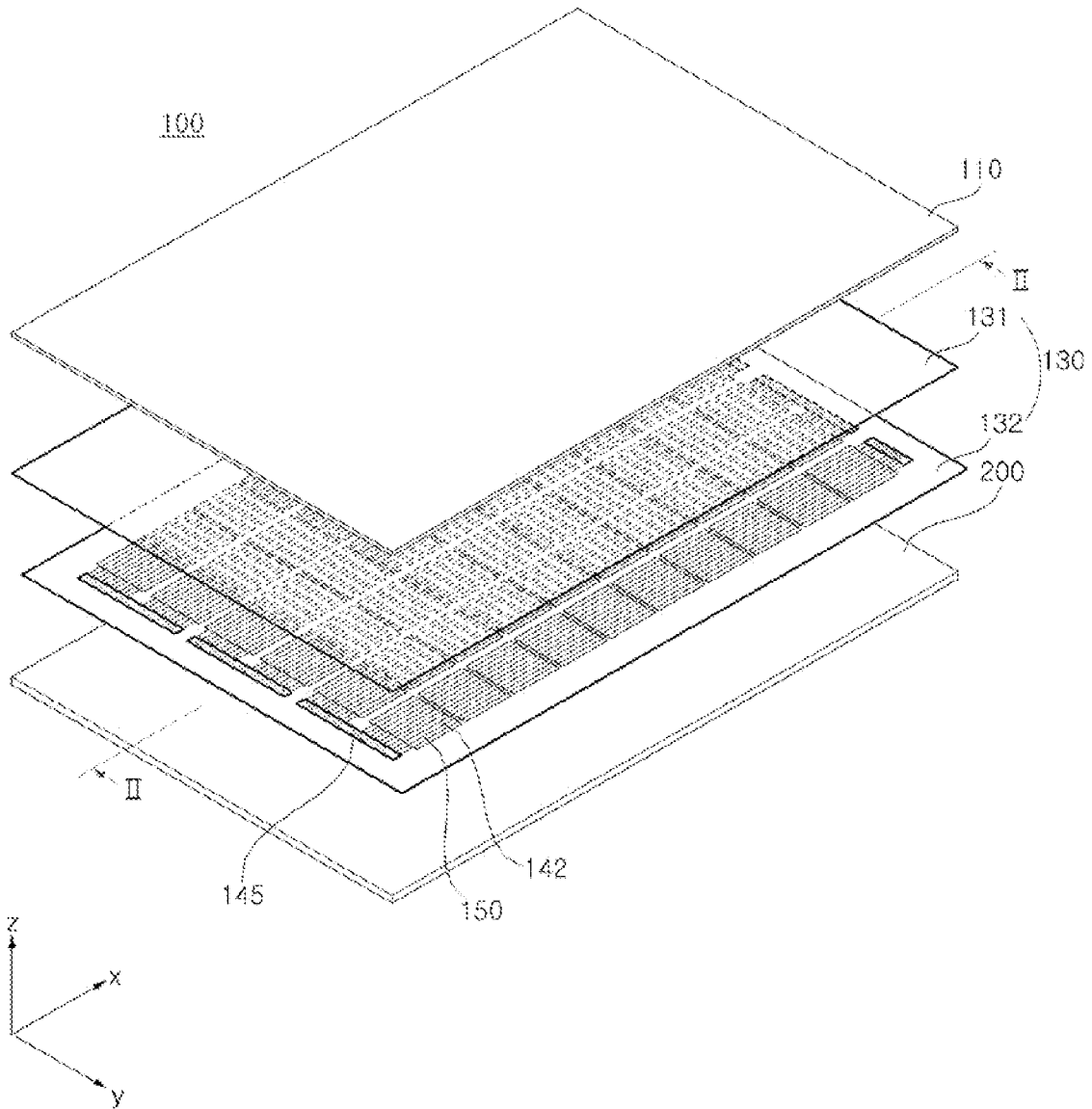


FIG. 2

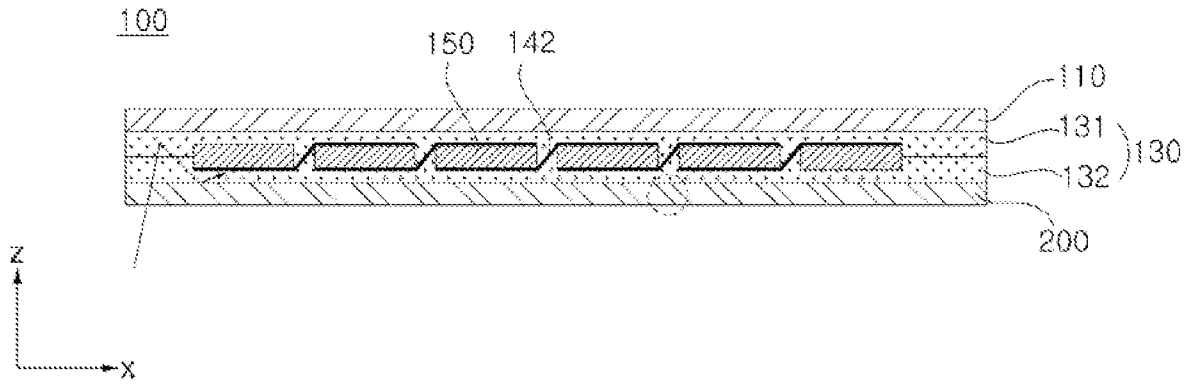


FIG. 3

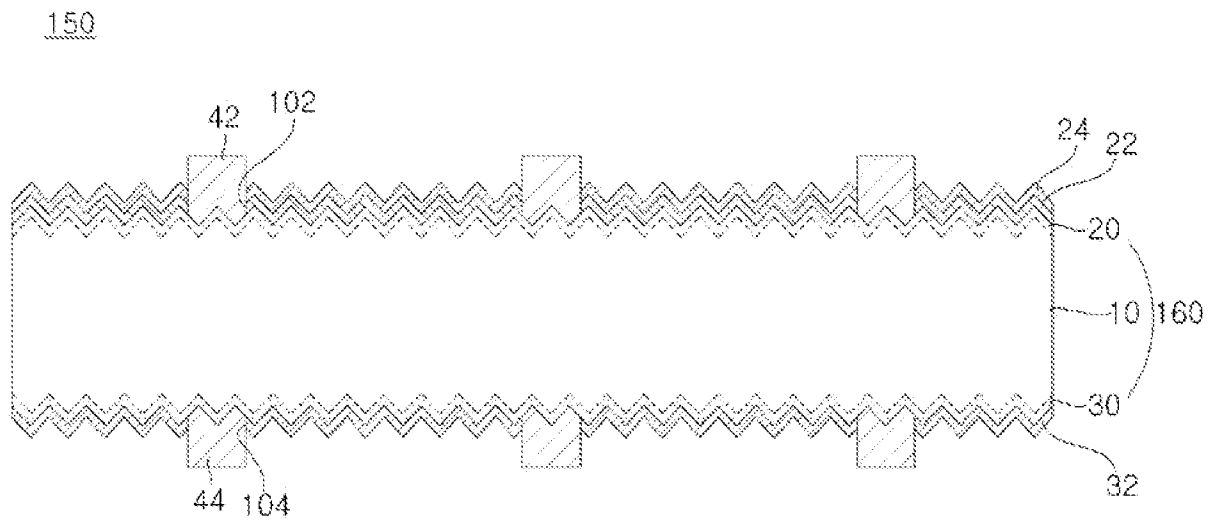


FIG. 4

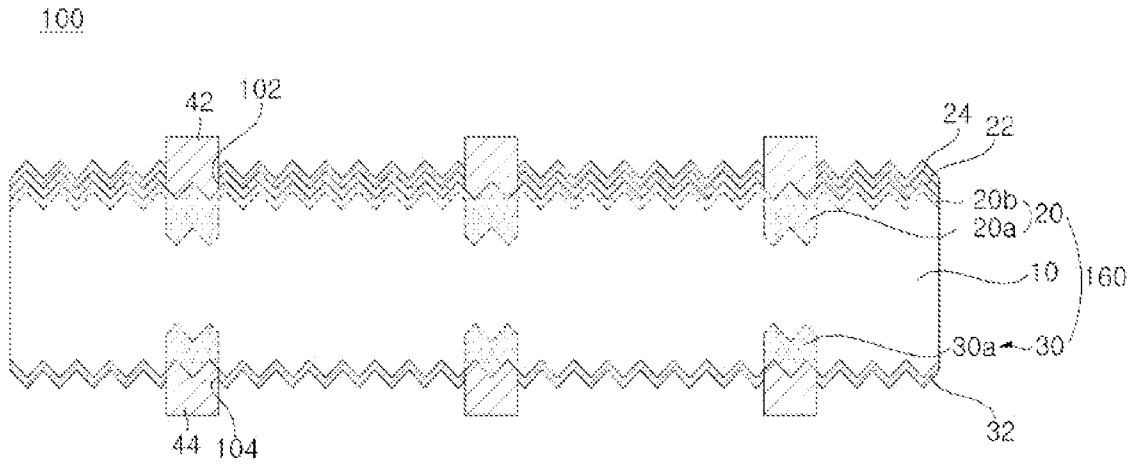


FIG. 5

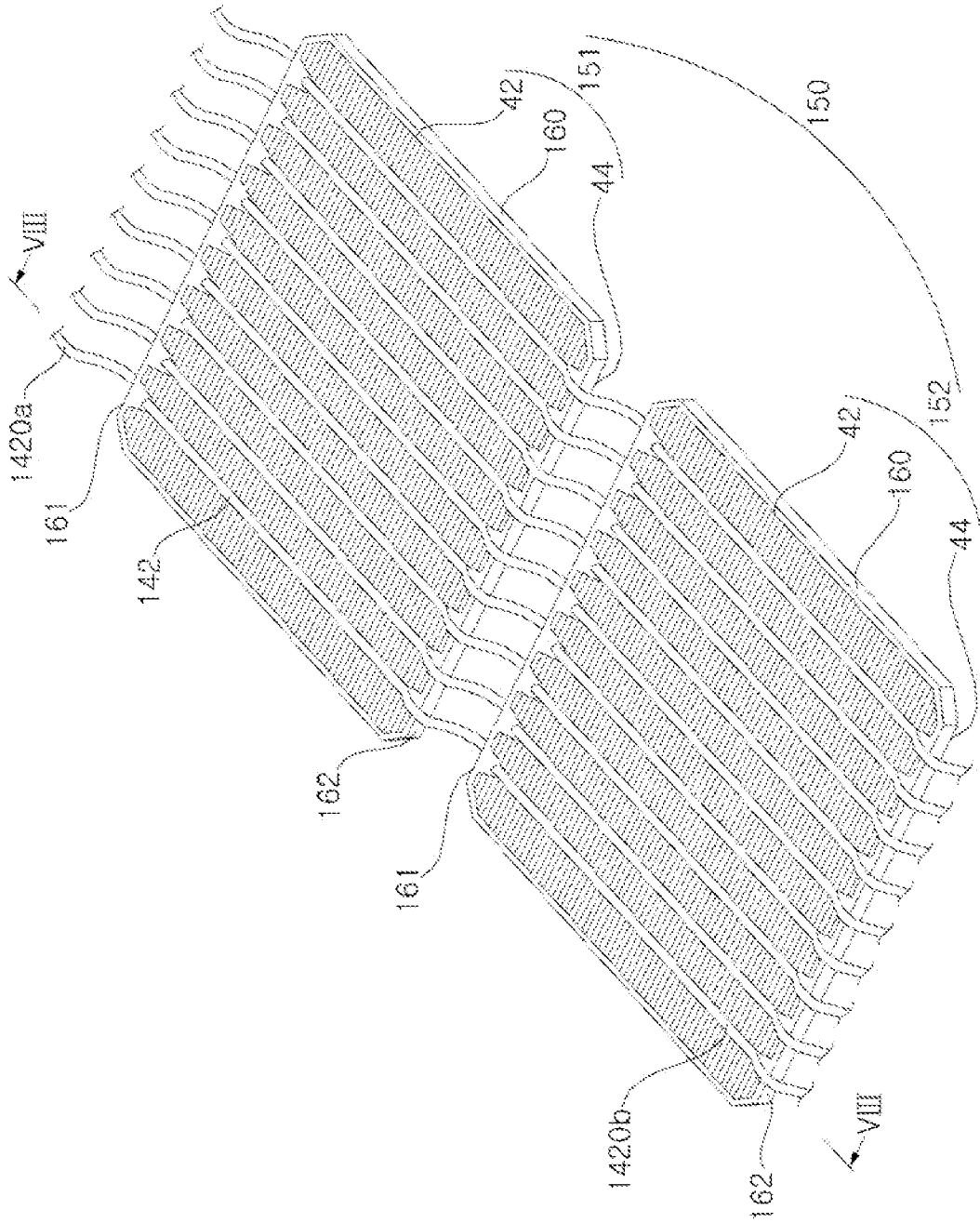


FIG. 6

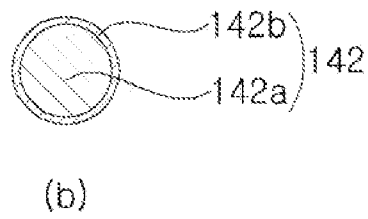
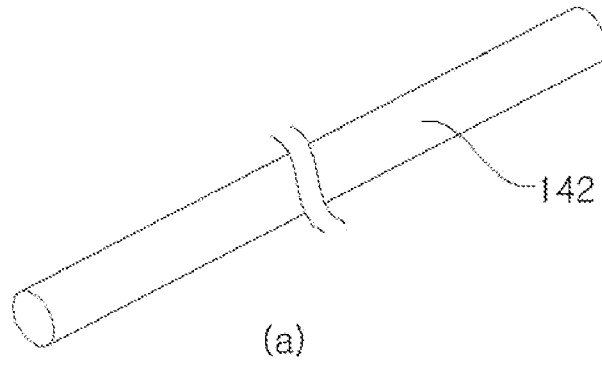


FIG. 7

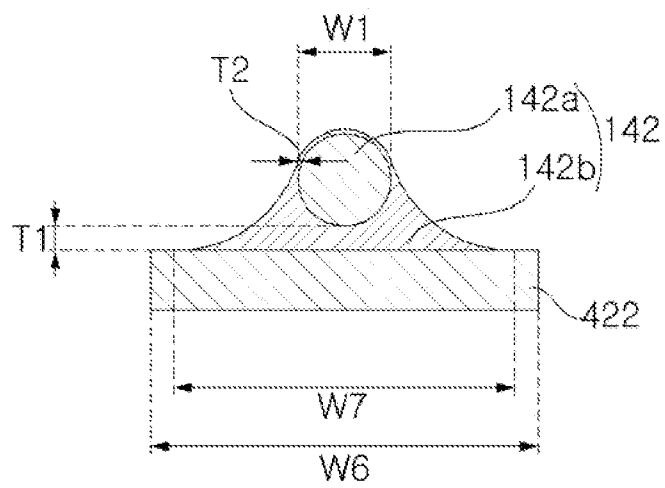


FIG. 8

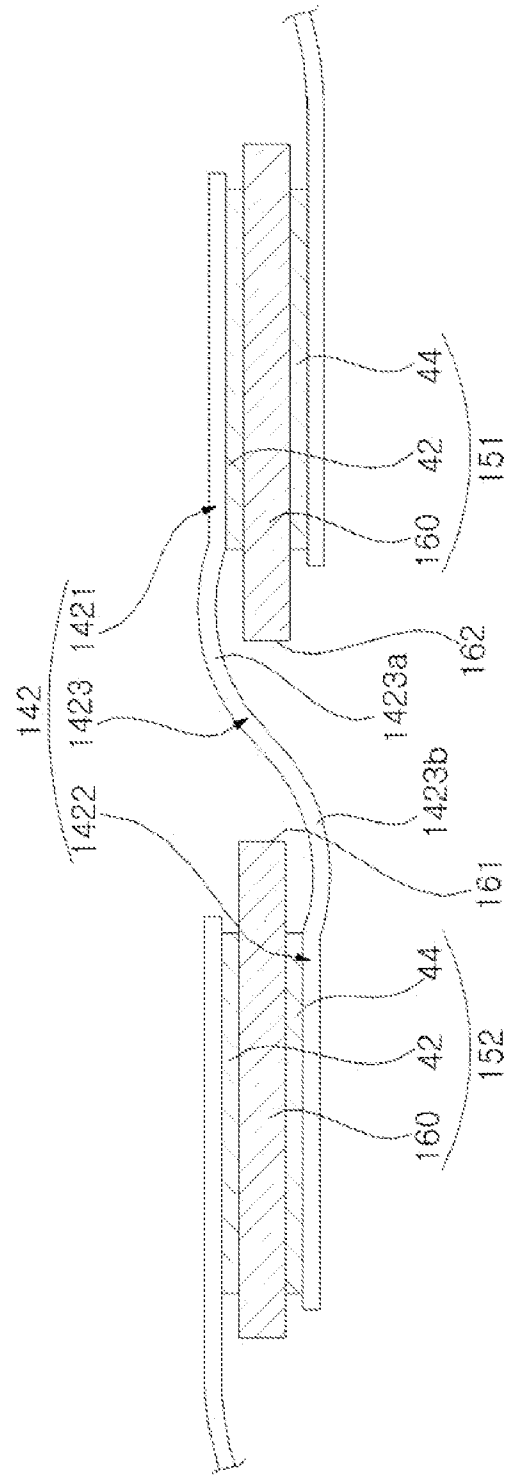


FIG. 10

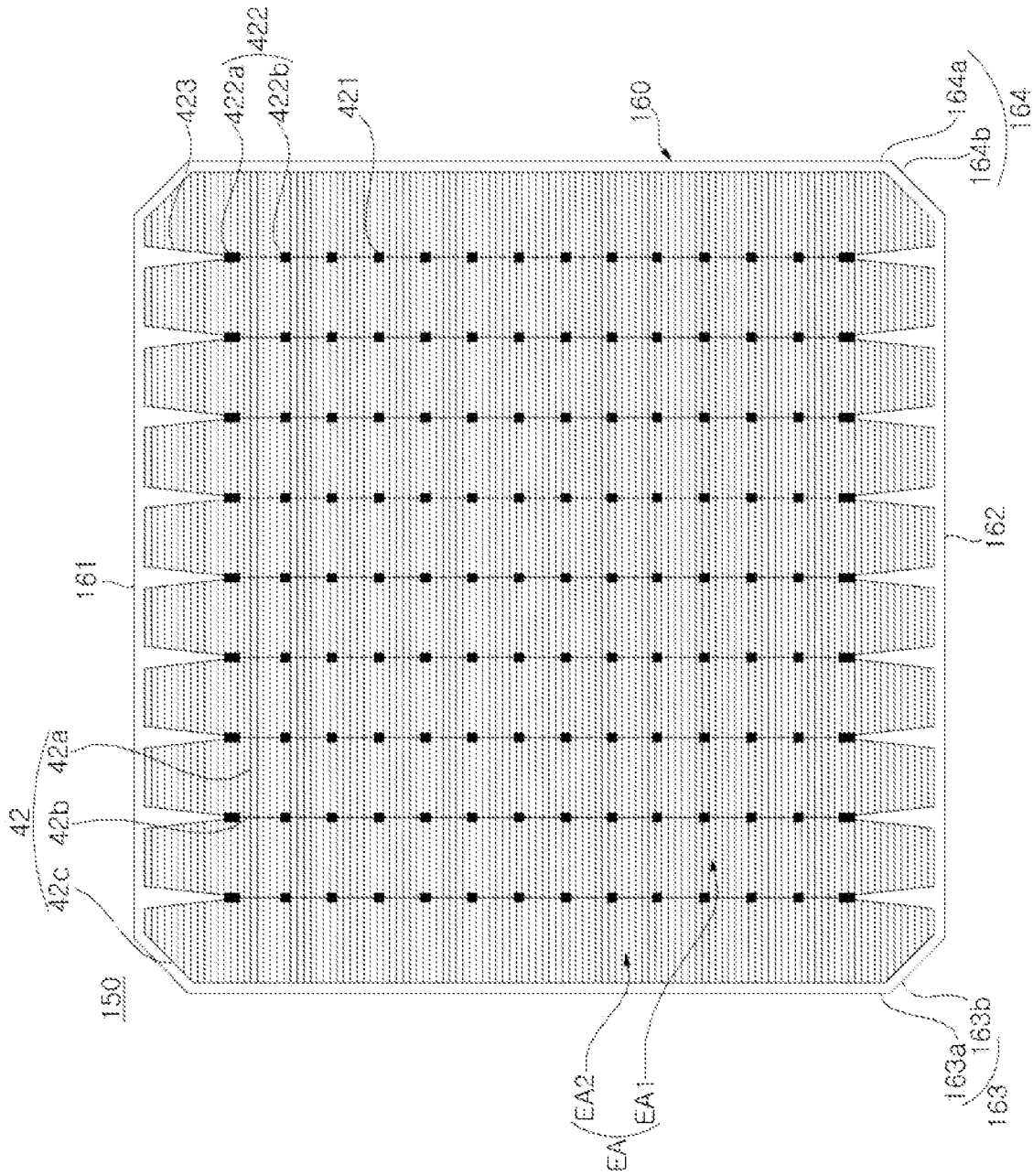


FIG. 11

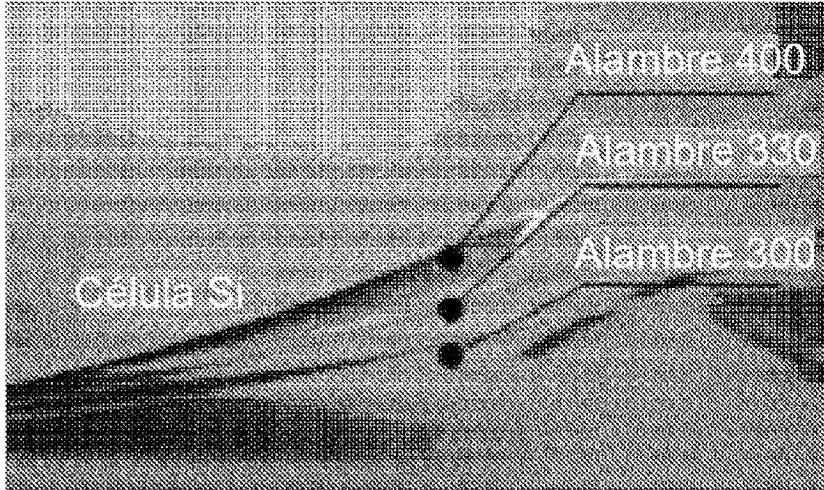


FIG. 12

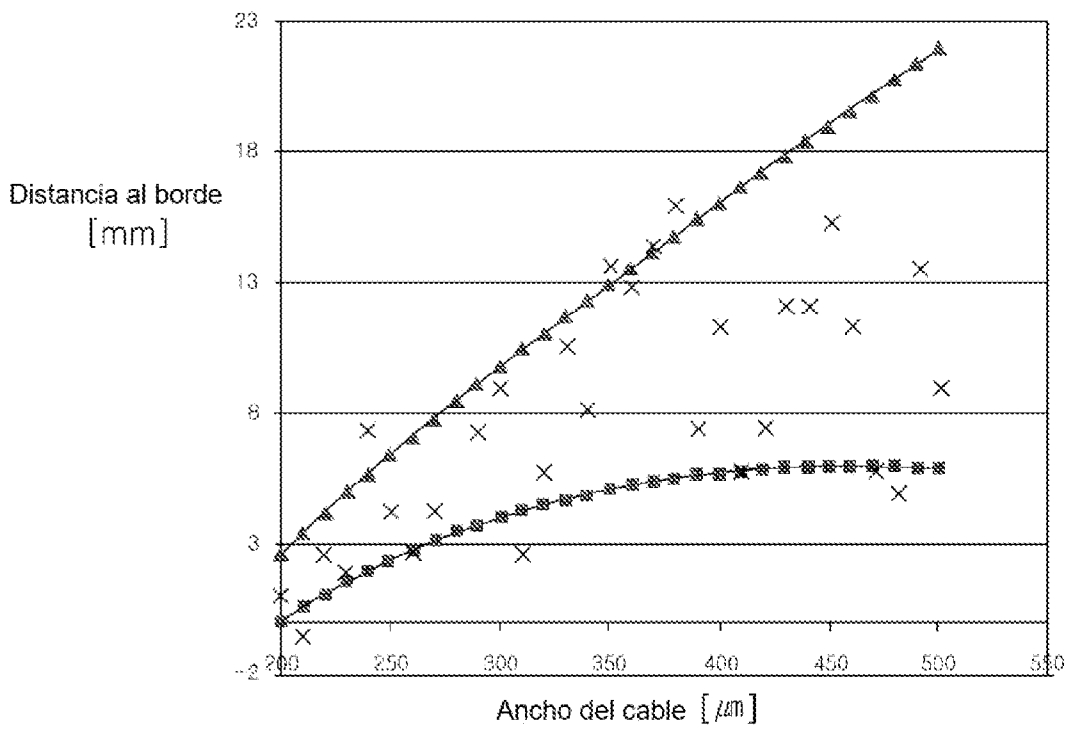


FIG. 13

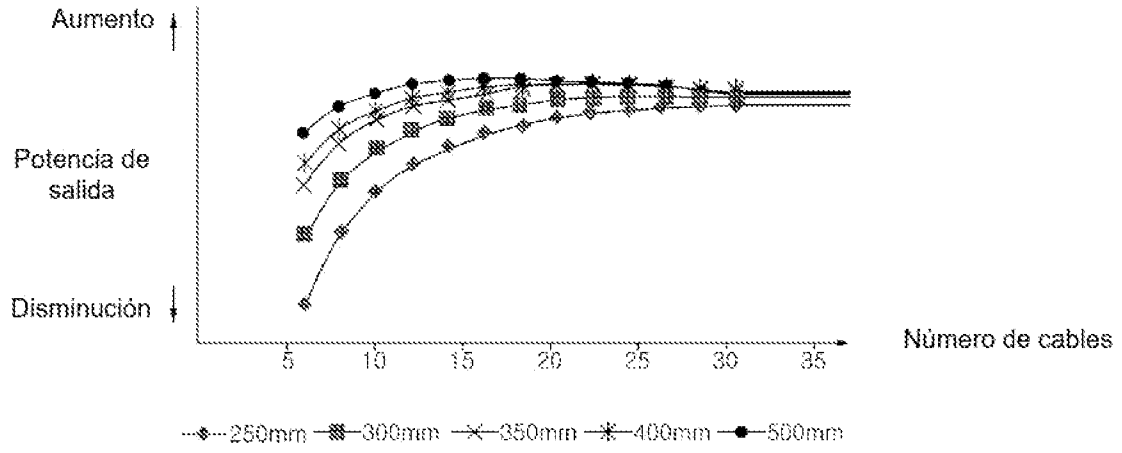


FIG. 14

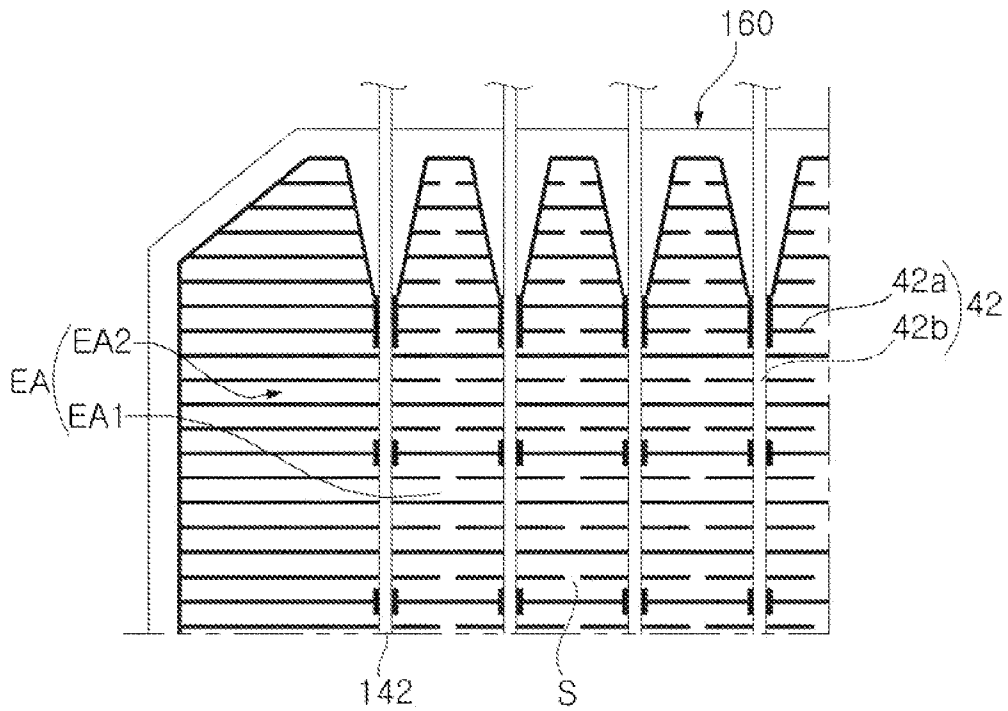


FIG. 15

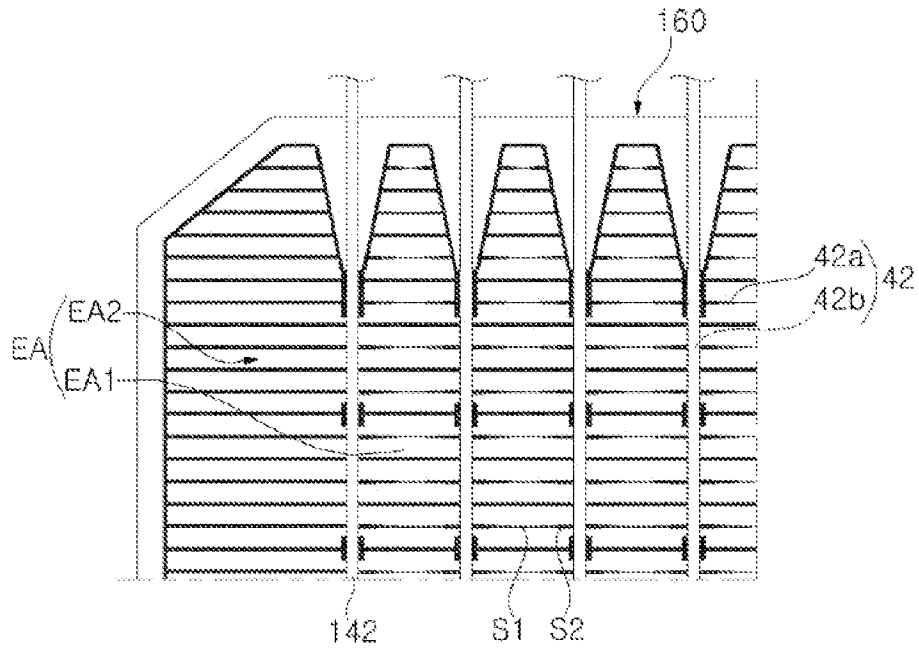


FIG. 16

