

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 936 389**

51 Int. Cl.:

H01L 31/0224 (2006.01)

H01L 31/068 (2012.01)

H01L 31/0747 (2012.01)

H01L 31/0745 (2012.01)

H01L 31/05 (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.07.2016** **E 16181439 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.11.2022** **EP 3125302**

54 Título: **Célula solar**

30 Prioridad:

27.07.2015 KR 20150105964

15.07.2016 KR 20160090036

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

16.03.2023

73 Titular/es:

**SHANGRAO JINKO SOLAR TECHNOLOGY
DEVELOPMENT CO., LTD (100.0%)
NO. 3 YINGBIN ROAD SHANGRAO ECONOMIC
AND TECHNICAL DEVELOPMENT ZONE
JIANGXI PROVINCE, CN**

72 Inventor/es:

**NAM, JEONGBEOM;
SHIM, SEUNGHWAN y
KO, JISOO**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 936 389 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

Célula solar

5 Referencia cruzada a la solicitud relacionada

Esta solicitud reivindica el beneficio de prioridad de las solicitudes de patente de Corea n.º 10-2015-0105964 y n.º 10-2016-0090036, presentadas en la Oficina de Propiedad Intelectual de Corea el 27 de julio de 2015 y el 15 de julio de 2016, respectivamente.

10 Antecedentes

1. Campo técnico

- 15 El presente concepto inventivo está relacionado con una célula solar y, más en particular, con una célula solar que tiene una estructura de electrodos mejorada.

2. Descripción de la técnica relacionada

- 20 Recientemente, debido al agotamiento de los recursos energéticos existentes tales como el petróleo y el carbón está aumentando el interés en fuentes alternativas de energía para reemplazar los recursos energéticos existentes. En concreto, las células solares son células populares de próxima generación para convertir la luz solar en energía eléctrica.
- 25 Las células solares pueden fabricarse formando diversas capas y electrodos basándose en cierto diseño. La eficiencia de las células solares puede estar determinada por el diseño de las diversas capas y electrodos. Para poder comercializar las células solares, es necesario superar el problema de la baja eficiencia y, por lo tanto, existe la demanda de diseños de las diversas capas y electrodos que maximicen la eficiencia de las células solares y que puedan fabricarse mediante un método simplificado. El documento US 2014/0162399 A1 divulga un método para formar una región de contacto para una célula solar, en donde el método incluye depositar una pasta compuesta por un primer metal sobre un sustrato de la célula solar, curar la pasta para formar una primera capa de metal, galvanoplastiar sin electricidad una segunda capa de metal sobre la primera capa de metal y galvanoplastiar electrolíticamente una tercera capa de metal sobre la segunda capa de metal, donde la segunda capa de metal acopla eléctricamente la primera capa de metal a la tercera capa de metal. El documento KR 2011 0080230 A divulga una célula solar y un método de fabricación de la misma para mejorar la eficiencia aumentando la eficiencia de transmisión de un electrodo, en donde se conecta a un sustrato una pluralidad de emisores que incluye unos primeros tipos de conductor y unos segundos tipos de conductor, en donde los primeros electrodos se conectan a al menos un emisor, en donde los segundos electrodos se conectan eléctricamente al sustrato, y en donde una parte principal transmite cargas a los primeros electrodos y los segundos electrodos. El documento JP 2013-12606 A divulga una célula solar que incluye una unidad de conversión fotoeléctrica, un primer electrodo y un segundo electrodo, en donde el primer electrodo se dispone sobre una superficie principal de la unidad de conversión fotoeléctrica y el segundo electrodo está situado sobre la otra superficie principal de la unidad de conversión fotoeléctrica. El documento EP 2 871 682 A1 divulga una célula solar que incluye una unidad de conversión fotoeléctrica que incluye una primera región de tipo de conductor y una segunda región de tipo conductor formadas en el mismo lado de la unidad de conversión fotoeléctrica; y un electrodo formado sobre la unidad de conversión fotoeléctrica y que incluye una capa adhesiva formada sobre la unidad de conversión fotoeléctrica y una capa de electrodo formada sobre la capa adhesiva, en donde la capa adhesiva tiene un coeficiente de expansión térmica que es mayor que el coeficiente de expansión térmica de la unidad de conversión fotoeléctrica y es menor que el coeficiente de expansión térmica de la capa de electrodo. El documento US 2004/0200520 A1 divulga una célula solar que tiene regiones dopadas p y regiones dopadas n que se forman alternativamente en una superficie de una oblea semiconductor en niveles compensados mediante técnicas de enmascaramiento y grabado, se crean contactos metálicos con las regiones p y las regiones n formando primero una capa de base que hace contacto con las regiones dopadas p y las regiones dopadas n, que funciona como una capa antirreflectante, y a continuación se forma una capa de barrera, tal como titanio, tungsteno o cromo, y una capa conductora tal como cobre sobre la capa de barrera.

55 Sumario

Por lo tanto, el presente concepto inventivo se ha realizado en vista de los problemas anteriores y es un objetivo del presente concepto inventivo proporcionar una célula solar con eficiencia aumentada.

60 Los objetivos anteriores, y otros, se consiguen mediante la materia objeto de la reivindicación independiente 1. Las realizaciones preferentes están definidas en las reivindicaciones dependientes 2-9.

Breve descripción de los dibujos

65 Lo anterior y otros objetivos, características y otras ventajas del presente concepto inventivo se entenderán más

claramente a partir de la siguiente descripción detallada, tomada junto con los dibujos adjuntos, en los que:

la FIG. 1 es una vista en perspectiva trasera que ilustra un panel de células solares de acuerdo con una realización del presente concepto inventivo;

la FIG. 2 es una vista en sección que ilustra una célula solar de acuerdo con una realización del presente concepto inventivo;

la FIG. 3 es una vista en sección ampliada que ilustra un primer electrodo de una célula solar de acuerdo con otra realización del presente concepto inventivo;

la FIG. 4 es una vista en planta trasera parcial de la célula solar ilustrada en la FIG. 2;

la FIG. 5 es una vista ampliada que ilustra diversos ejemplos de la estructura de unión de un primer electrodo y una cinta de una célula solar de acuerdo con una realización del presente concepto inventivo;

la FIG. 6 es una fotografía que ilustra la sección transversal de un primer electrodo de una célula solar de acuerdo con un ejemplo del presente concepto inventivo;

la FIG. 7 es una fotografía que ilustra la sección transversal de un electrodo de una célula solar de acuerdo con un ejemplo comparativo;

la FIG. 8 es un gráfico que ilustra los resultados de medir la resistencia de los electrodos de las células solares de acuerdo con el ejemplo del presente concepto inventivo y el ejemplo comparativo, antes y después del recocido; y

la FIG. 9 es una vista en sección que ilustra una célula solar de acuerdo con otra realización del presente concepto inventivo.

Descripción detallada de las realizaciones preferentes

Ahora se hará referencia en detalle a las realizaciones preferentes del presente concepto inventivo, cuyos ejemplos se ilustran en los dibujos adjuntos. Sin embargo, se entenderá que el presente concepto inventivo no debe limitarse a las realizaciones y puede modificarse de diversas formas.

En los dibujos, para explicar clara y brevemente el presente concepto inventivo, se omite la ilustración de elementos que no tienen conexión con la descripción, y los elementos iguales o extremadamente similares se designan con los mismos números de referencia en toda la memoria descriptiva. Asimismo, en los dibujos, para una explicación más clara, se han exagerado o reducido las dimensiones de los elementos, tales como el espesor, la anchura, y similares, y por lo tanto el espesor, la anchura, y similares, del presente concepto inventivo no se limitan a lo ilustrado en los dibujos.

En toda la memoria descriptiva, cuando se hace referencia a un elemento como "que incluye" otro elemento, el elemento no debe entenderse como excluyente de otros elementos siempre que no haya una descripción conflictiva especial, y el elemento puede incluir al menos otro elemento. Asimismo, debe entenderse que, cuando se hace referencia a un elemento tal como una capa, película, región o sustrato como si estuviera "sobre" otro elemento, puede estar directamente sobre el otro elemento o también pueden estar presentes elementos intermedios. Por otro lado, cuando se hace referencia a un elemento tal como una capa, película, región o sustrato como si estuviera "directamente sobre" otro elemento, esto significa que no hay elementos intermedios entre los mismos.

En adelante en el presente documento, se describirá en detalle una célula solar de acuerdo con la presente invención con referencia a los dibujos adjuntos. En primer lugar, se describirá en detalle un panel de células solares y, a continuación, se describirán en detalle una célula solar incluida en el panel de células solares y un electrodo utilizado en la célula solar.

La FIG. 1 es una vista en perspectiva trasera que ilustra un panel de células solares de acuerdo con una realización del presente concepto inventivo.

Con referencia a la FIG. 1, el panel de células solares designado con el número de referencia 100, puede incluir una célula solar 150, un primer sustrato 1110 dispuesto sobre una primera superficie de la célula solar 150 (en lo sucesivo denominado "sustrato frontal"), y un segundo sustrato 120 dispuesto sobre una segunda superficie de la célula solar 150 (en lo sucesivo denominado "sustrato trasero"). Asimismo, el panel 100 de células solares puede incluir un primer miembro 131 de sellado entre la célula solar 150 y el sustrato frontal 1110, y un segundo miembro 132 de sellado entre la célula solar 150 y el sustrato trasero 120. Esto se describirá a continuación con más detalle.

En primer lugar, la célula solar 150 puede incluir un convertidor fotoeléctrico para convertir la luz solar en energía eléctrica y un electrodo conectado eléctricamente al convertidor fotoeléctrico para captar y transmitir corriente. En la presente realización, por ejemplo, el convertidor fotoeléctrico puede incluir un sustrato semiconductor (por ejemplo, una oblea de silicio) o una capa semiconductor (por ejemplo, una capa de silicio). La célula solar 150 que tiene la estructura descrita anteriormente se describirá más adelante en detalle con referencia a las FIGS. 2 a 4.

La célula solar 150 incluye una cinta (o interconector) 142, y puede interconectarse eléctricamente en serie y/o en paralelo mediante la cinta 142. Esto se describirá a continuación con referencia a la primera y segunda células solares 150 y 151, que son adyacentes entre sí, a modo de ejemplo. Es decir, la cinta 142 puede interconectar un primer electrodo (ver el número de referencia 42 en la FIG. 2) de la primera célula solar 150 y un segundo electrodo (ver el

número de referencia 44 en la FIG. 2) de la segunda célula solar 151, que es adyacente a la primera célula solar 150. Se pueden aplicar diversas estructuras, por ejemplo, a la estructura de conexión de la cinta 142, el primer electrodo 42 de la primera célula solar 150, y el segundo electrodo 44 de la segunda célula solar 151. En un ejemplo, en la primera y segunda células solares 150 y 151, los primeros electrodos 42 pueden disponerse sobre el primer borde y conectarse entre sí a lo largo del primer borde, y los segundos electrodos 44 pueden disponerse sobre el segundo borde, que es opuesto al primer borde, y conectarse entre sí a lo largo del segundo borde. Como tal, pueden formarse cintas 142 a través de los bordes de la primera y segunda células solares 150 y 151 para interconectar los primeros electrodos 42, dispuestos sobre el primer borde de la primera célula solar 150, y los segundos electrodos 44, dispuestos sobre el segundo borde de la segunda célula solar 151, que es adyacente a la primera célula solar 150, y pueden extenderse a lo largo del primer y segundo bordes. En este momento, para evitar cortocircuitos entre la cinta 142 y la primera y segunda células solares 150 y 151, puede interponerse una película aislante (no ilustrada) en algunas partes entre la cinta 142 y la primera y segunda células solares 150 y 151, y una porción de la cinta 142, que sobresale de la película aislante, puede conectarse al primer electrodo 42 o al segundo electrodo 44. Sin embargo, el presente concepto inventivo no se limita a esto, y son posibles diversas modificaciones.

Asimismo, Unas cintas 145 de interconexión interconectan los extremos alternos de las cintas 142 que conectan las células solares 150 entre sí, en una sola fila (en otras palabras, constituyendo una cadena de células solares). Las cintas 145 de interconexión pueden situarse en un extremo de la cadena de células solares de manera que atraviesen la misma. Las cintas 145 de interconexión pueden interconectar cadenas de células solares adyacentes, o pueden conectar una o más cadenas de células solares a una caja de conexiones (no ilustrada), que evita el reflujo de corriente. El material, la forma, la estructura de conexión y similares de las cintas 145 de interconexión pueden modificarse de diversas formas, y el presente concepto inventivo no se limita a las mismas.

Un miembro 1130 de sellado puede incluir el primer miembro 131 de sellado dispuesto sobre la superficie frontal de la célula solar 150 y el segundo miembro 132 de sellado dispuesto sobre la superficie trasera de la célula solar 150. El primer miembro 131 de sellado y el segundo miembro 132 de sellado evitan la introducción de humedad y oxígeno, y crean un enlace químico entre los respectivos elementos del panel 100 de células solares. El primer y segundo miembros 131 y 132 de sellado pueden estar formados por un material aislante que tenga propiedades adhesivas y transmisoras de luz. En un ejemplo, el primer miembro 131 de sellado y el segundo miembro 132 de sellado pueden estar formados por resina de copolímero de etileno acetato de vinilo (EVA), butiral de polivinilo, resina de silicona, resina a base de éster, o resina a base de olefina. Por ejemplo, mediante un proceso de laminación usando el primer y segundo miembros 131 y 132 de sellado, pueden integrarse el sustrato trasero 120, el segundo miembro 132 de sellado, la célula solar 150, el primer miembro 131 de sellado y el sustrato frontal 1110 entre sí para construir el panel 100 de células solares.

El sustrato frontal 1110 se dispone sobre el primer miembro 131 de sellado y configura la superficie frontal del panel 100 de células solares. El sustrato trasero 120 se dispone sobre el segundo miembro 132 de sellado y configura la superficie trasera del panel 100 de células solares. Cada uno del sustrato frontal 1110 y el sustrato trasero 120 pueden estar formados por un material aislante capaz de proteger la célula solar 150 frente a golpes externos, humedad, luz ultravioleta, y similares. Asimismo, el sustrato delantero 1110 puede estar formado por un material transmisor de luz capaz de transmitir luz, y el sustrato trasero 120 puede configurarse como una lámina formada por un material transmisor de luz, un material que no transmita la luz, o un material que refleje la luz. En un ejemplo, el sustrato frontal 1110 puede configurarse como un sustrato de vidrio, y el sustrato trasero 120 puede ser un sustrato de Tedlar/PET/Tedlar (TPT), o puede incluir una capa de resina de fluoruro de polivinilideno (PVDF) formada sobre al menos una superficie de una película de base (por ejemplo, una película de tereftalato de polietileno (PET)).

Sin embargo, la presente invención no está limitada a esto. Por tanto, el primer y segundo miembros 132 y 132 de sellado, el sustrato frontal 1110 o el sustrato trasero 120 pueden incluir cualquiera de diversos materiales diferentes a los descritos anteriormente, y pueden tener cualquiera de diversas formas diferentes a las descritas anteriormente. Por ejemplo, el sustrato frontal 1110 o el sustrato trasero 120 pueden tener cualquiera de diversas formas (por ejemplo, un sustrato, película o lámina), o pueden incluir cualquiera de diversos materiales.

La estructura de la célula solar 150 descrita anteriormente se describirá a continuación en detalle con referencia a las FIGS. 2 a 4.

La FIG. 2 es una vista en sección que ilustra la célula solar 150, y la FIG. 3 es una vista en sección ampliada que ilustra un primer electrodo en una célula solar de acuerdo con otra realización. Asimismo, la FIG. 4 es una vista en planta trasera parcial de la célula solar 150 ilustrada en la FIG. 2. Como referencia, para una descripción clara y breve, en la FIG. 3, sólo se ilustran las partes correspondientes al círculo ampliado de la FIG. 2.

Con referencia a la FIG. 2, la célula solar 150 incluye un sustrato semiconductor 10 que tiene un área 110 de base, una capa 20 de tunelización dispuesta sobre una superficie del sustrato semiconductor 10 (por ejemplo, la superficie trasera del sustrato semiconductor 10), unas áreas conductoras 32 y 34 dispuestas sobre la capa 20 de tunelización, y unos electrodos 22 y 24 conectados a las áreas conductoras 32 y 34. Asimismo, la célula solar 150 puede incluir además una película 24 de pasivación (o película de pasivación de superficie frontal), una película antirreflectante 26 y una película 40 de pasivación (o película de pasivación de superficie trasera). Esto se describirá a continuación con

más detalle.

El sustrato semiconductor 10 puede incluir el área 110 de base, que incluye un segundo dopante conductor con una concentración de dopaje relativamente baja, siendo así de un segundo tipo de conductor. El área 110 de base puede formarse con semiconductores cristalinos que incluyan el segundo dopante conductor. En un ejemplo, el área 110 de base puede formarse con semiconductores monocristalinos o policristalinos (por ejemplo, silicio monocristalino o policristalino) que incluyan el segundo dopante conductor. Más en particular, el área 110 de base puede formarse con semiconductores monocristalinos que incluyan el segundo dopante conductor (por ejemplo, una oblea semiconductor monocristalina y, más específicamente, una oblea semiconductor de silicio). El uso del área 110 de base o del sustrato semiconductor 10 que tiene alta cristalinidad, y por lo tanto pocos defectos, asegura excelentes propiedades eléctricas.

El segundo tipo de conductor puede ser un tipo p o un tipo n. En un ejemplo, cuando el área 110 de base es de tipo n, puede formarse una primera área conductora 32 amplia de tipo p, que forma una unión con el área 110 de base para formar soportes mediante conversión fotoeléctrica (por ejemplo, unión pn con el área 110 de base con la capa 20 de tunelización interpuesta entre las mismas), para aumentar el área de conversión fotoeléctrica. Asimismo, en este caso, la primera área conductora 32 que tiene un área amplia puede acumular huecos de manera efectiva, que se desplacen con relativa lentitud, contribuyendo así a un aumento en la eficiencia de conversión fotoeléctrica. Sin embargo, la presente invención no está limitada a esto.

Asimismo, el sustrato semiconductor 10 puede incluir un área 130 de campo de superficie frontal (o área de campo) dispuesta sobre la otra superficie (en lo sucesivo denominada "superficie frontal") del sustrato semiconductor 10. El área 130 de campo de superficie frontal puede ser el mismo tipo de conductor que el área 110 de base, pero puede tener una concentración de dopaje más alta que el área 110 de base.

La presente realización ilustra la configuración en la que el área 130 de campo de superficie frontal está configurada como un área dopada que se forma dopando el sustrato semiconductor 10 con el segundo dopante conductor a una concentración de dopaje relativamente alta. Como tal, el área 130 de campo de superficie frontal incluye semiconductores cristalinos (monocristalinos o policristalinos) del segundo tipo de conductor y constituye una parte del sustrato semiconductor 10. En un ejemplo, el área 130 de campo de superficie frontal puede constituir una parte de un sustrato semiconductor monocristalino (por ejemplo, una oblea de silicio monocristalino) del segundo tipo de conductor.

En este momento, la concentración de dopaje del área 130 de campo de superficie frontal puede ser menor que la concentración de dopaje de la segunda área conductora 34, que es del mismo segundo tipo de conductor que el área 130 de campo de superficie frontal. Esto se debe a que está permitido que el área 130 de campo de superficie frontal tenga una concentración de dopaje relativamente baja, porque el área 130 de campo de superficie frontal debe doparse para evitar que los portadores se muevan hacia la superficie frontal del sustrato semiconductor 10 o para permitir que los transportadores se muevan horizontalmente. Sin embargo, el presente concepto inventivo no se limita a esto, y el área 130 de campo de superficie frontal y la segunda área conductora 34 pueden tener diferentes concentraciones de dopaje.

Sin embargo, la presente invención no está limitada a esto. Por tanto, el área 130 de campo de superficie frontal puede formarse dopando una capa semiconductor (por ejemplo, una capa semiconductor amorfa, capa semiconductor microcristalina o capa semiconductor policristalina), separada del sustrato semiconductor 10, con el segundo dopante conductor. Como alternativa, el área 130 de campo de superficie frontal puede servir de manera similar a una capa (por ejemplo, la película 24 de pasivación de superficie frontal y/o la película antirreflectante 26), que se forma adyacente al sustrato semiconductor 10 y se dopa con una carga fija. Por ejemplo, cuando el área 110 de base es del tipo n, la película 24 de pasivación de superficie frontal puede formarse con un óxido que tenga una carga fija negativa (por ejemplo, un óxido de aluminio) para formar una capa de inversión sobre la superficie del área 110 de base, sirviendo así como un área de campo. En este caso, el sustrato semiconductor 10 puede incluir solo el área 110 de base sin un área dopada separada, lo que puede minimizar los defectos del sustrato semiconductor 10. Se pueden formar diversas otras configuraciones del área 130 de campo de superficie frontal utilizando otros métodos diversos.

En la presente realización, la superficie frontal del sustrato semiconductor 10 puede ser texturizada para tener protuberancias, tales como pirámides. La textura resultante formada sobre el sustrato semiconductor 10 puede tener una forma dada (por ejemplo, una forma piramidal) que tenga una superficie exterior formada sobre una cara cristalina específica (por ejemplo, cara (111)) de semiconductores. Cuando la rugosidad de la superficie frontal del sustrato semiconductor 10 aumenta debido a las protuberancias formadas sobre la superficie frontal por texturizado, puede reducirse la reflectancia de la luz introducida a través de la superficie frontal del sustrato semiconductor 10. En consecuencia, se puede aumentar la cantidad de luz que alcanza la unión pn formada por la zona base 110 y la primera zona conductora 32, lo que puede minimizar la pérdida de luz.

Asimismo, la superficie trasera del sustrato semiconductor 10 se puede formar mediante pulido de superficie de espejo, por ejemplo, y por lo tanto puede ser una superficie plana relativamente lisa, que tiene una rugosidad superficial menor que la superficie frontal. Si se forman tanto la primera como la segunda áreas conductoras 32 y 34 sobre la superficie

trasera del sustrato semiconductor 10, como en la presente realización, pueden cambiarse enormemente las propiedades de la célula solar 150 de acuerdo con las propiedades de la superficie trasera del sustrato semiconductor 10. Por lo tanto, es posible que la superficie trasera del sustrato semiconductor 10 no incluya ninguna protuberancia formada por texturizado para mejorar la pasivación, lo que en consecuencia puede mejorar las propiedades de la célula solar 150. Sin embargo, la presente invención no está limitada a esto. En algunos casos, pueden proporcionarse protuberancias en la superficie trasera del sustrato semiconductor 10 mediante texturizado. Son posibles diversas otras alteraciones.

La capa 20 de tunelización se puede formar sobre la superficie trasera del sustrato semiconductor 10. En un ejemplo, la capa 20 de tunelización puede entrar en contacto con la superficie trasera del sustrato semiconductor 10, logrando así una estenosis simplificada y mejores efectos de tunelización. Sin embargo, la presente invención no está limitada a esto.

La capa 20 de tunelización puede servir como barrera para electrones y huecos, impidiendo así el paso de portadores minoritarios y permitiendo que pasen a través de la misma únicamente portadores mayoritarios, que se acumulan en una porción adyacente a la capa 20 de tunelización y por lo tanto tienen una cantidad dada de energía o más. En este momento, los portadores mayoritarios, que tienen la cantidad dada de energía o más, pueden pasar fácilmente a través de la capa 20 de tunelización debido a los efectos de tunelización. Asimismo, la capa 20 de tunelización puede servir como una barrera de difusión, que evita que el dopante de las áreas conductoras 32 y 34 se difunda dentro del sustrato semiconductor 10. La capa 20 de tunelización puede incluir diversos materiales para permitir la tunelización de la mayoría de los portadores. En un ejemplo, la capa 20 de base puede incluir óxidos, nitruro, polímero semiconductor o conductor. Por ejemplo, la capa 20 de tunelización puede incluir un óxido de silicio, nitruro de silicio, nitruro de óxido de silicio, silicio amorfo intrínseco o silicio policristalino intrínseco. En particular, la capa 20 de tunelización puede estar configurada como una capa de óxido de silicio que incluye un óxido de silicio. Esto se debe a que la capa de óxido de silicio tiene una pasivación excelente y, por lo tanto, garantiza una fácil tunelización de los portadores.

Con el fin de lograr suficientes efectos de tunelización, la capa 20 de tunelización puede ser más delgada que la película 40 de pasivación de superficie trasera. En un ejemplo, el espesor de la capa 20 de tunelización puede ser de 5 nm o menos (más específicamente, de 2 nm o menos, por ejemplo, dentro de un intervalo de 0,5 nm a 2 nm). Cuando el espesor de la capa 20 de tunelización supera los 5 nm, no se produce una tunelización suave y, en consecuencia, la célula solar 150 podría no funcionar. Cuando el espesor de la capa 20 de tunelización es inferior a 0,5 nm, puede ser difícil formar una capa 20 de tunelización que tenga la calidad deseada. En consecuencia, para mejorar aún más los efectos de tunelización, el espesor de la capa 20 de tunelización puede ser de 2 nm o menos (más específicamente, dentro de un intervalo de 0,5 nm a 2 nm). Sin embargo, el presente concepto inventivo no se limita a esto, y el espesor de la capa 20 de tunelización puede tener cualquiera de diversos valores.

Una capa semiconductor 30, que incluye las áreas conductoras 32 y 34, puede disponerse sobre la capa 20 de tunelización. En un ejemplo, la capa semiconductor 30 puede entrar en contacto con la capa 20 de tunelización, obteniendo así una estructura simplificada y maximizándose los efectos de tunelización. Sin embargo, la presente invención no está limitada a esto.

En la presente realización, la capa semiconductor 30 incluye la primera área conductora 32, que incluye un primer dopante conductor y por lo tanto es de un primer tipo de conductor, y la segunda área conductora 34, que incluye el segundo dopante conductor y por lo tanto es del segundo tipo de conductor. La primera área conductora 32 y la segunda área conductora 34 pueden disponerse en el mismo plano sobre la capa 20 de tunelización. Es decir, es posible que no haya ninguna capa interpuesta entre la primera y segunda áreas conductoras 32 y 34 y la capa 20 de tunelización. Como alternativa, cuando haya una capa interpuesta entre la primera y segunda áreas conductoras 32 y 34 y la capa 20 de tunelización, la capa interpuesta puede tener la misma estructura de apilamiento. Asimismo, puede ubicarse un área 36 de barrera entre la primera área conductora 32 y la segunda área conductora 34, en el mismo plano que las áreas conductoras 32 y 34.

La primera zona conductora 32 configura una zona emisora, que forma la unión pn (o unión pn de túnel) con el área 110 de base con la capa 20 de tunelización interpuesta entre las mismas, para generar portadores mediante conversión fotoeléctrica.

En este momento, la primera área conductora 32 puede incluir semiconductores (por ejemplo, silicio) que incluyan el primer dopante conductor, al contrario que en el área 110 de base. En la presente realización, la primera área conductora 32 está configurada como una capa semiconductor, que se forma por separado sobre el sustrato semiconductor 10 (más particularmente, sobre la capa 20 de tunelización) y que está dopada con el primer dopante conductor. Como tal, la primera área conductora 32 puede configurarse como una capa semiconductor, que tenga una estructura cristalina diferente a la del sustrato semiconductor 10 para su fácil formación sobre el sustrato semiconductor 10. Por ejemplo, la primera zona conductora 32 puede formarse dopando, por ejemplo, un semiconductor amorfo, semiconductor microcristalino o semiconductor policristalino (por ejemplo, silicio amorfo, silicio microcristalino o silicio policristalino), que se puede fabricar fácilmente a través de diversos métodos, tal como, por ejemplo, deposición, con el primer dopante conductor. El primer dopante conductor puede introducirse en la capa

semiconductora mientras se forma la capa semiconductora, o después de formar la capa semiconductora, mediante cualquiera de diversos métodos de dopaje, tales como difusión térmica o implantación de iones.

5 En este momento, la primera área conductora 32 puede incluir el primer dopante conductor, que puede exhibir un tipo de conductor contrario al del área 110 de base. Es decir, cuando el primer dopante conductor es un dopante de tipo p, puede usarse un elemento del grupo III, tal como boro (B), aluminio (Al), galio (Ga) o indio (In). Cuando el primer dopante conductor es un dopante de tipo n, puede usarse un elemento del grupo V, tal como fósforo (P), arsénico (As), bismuto (Bi), o antimonio (Sb). En un ejemplo, el primer dopante conductor puede ser boro (B), que es de tipo p.

10 La segunda área conductora 34 es un área de campo de superficie trasera, que forma un campo de superficie trasera para evitar la pérdida de portadores desde la superficie del sustrato semiconductor 10 (más exactamente, la superficie trasera del sustrato semiconductor 10) debido a la recombinación.

15 En este momento, la segunda área conductora 34 puede incluir un semiconductor (por ejemplo, silicio), que incluye el mismo segundo dopante conductor que el área 110 de base. En la presente realización, la segunda área conductora 34 está configurada como una capa semiconductora, que se forma por separado sobre el sustrato semiconductor 10 (más claramente, sobre la capa 20 de tunelización) y que está dopada con el segundo dopante conductor. Como tal, la segunda área conductora 34 puede configurarse como una capa semiconductora que tiene una estructura cristalina, diferente de la del sustrato semiconductor 10, para su fácil formación sobre el sustrato semiconductor 10. Por ejemplo, 20 la segunda zona conductora 34 puede formarse dopando, por ejemplo, un semiconductor amorfo, semiconductor microcristalino o semiconductor policristalino (por ejemplo, silicio amorfo, silicio microcristalino o silicio policristalino), que se puede fabricar fácilmente a través de diversos métodos, tal como, por ejemplo, deposición, con el segundo dopante conductor. El segundo dopante conductor puede introducirse en la capa semiconductora mientras se forma la capa semiconductora, o después de formar la capa semiconductora, mediante cualquiera de diversos métodos de 25 dopaje, tales como difusión térmica o implantación de iones.

En este momento, la segunda área conductora 34 puede incluir el segundo dopante conductor, que puede exhibir el mismo tipo de conductor que el área 110 de base. Es decir, cuando el segundo dopante conductor es un dopante de tipo n, puede usarse un elemento del grupo V, tal como fósforo (P), arsénico (As), bismuto (Bi), o antimonio (Sb). 30 Cuando el segundo dopante conductor es un dopante de tipo p, puede usarse un elemento del grupo III, tal como boro (B), aluminio (Al), galio (Ga) o indio (In). En un ejemplo, el segundo dopante conductor puede ser fósforo (P), que es de tipo n.

35 Asimismo, el área 36 de barrera se ubica entre la primera área conductora 32 y la segunda área conductora 34 de manera que la primera área conductora 32 y la segunda área conductora 34 queden separadas entre sí. Cuando la primera área conductora 32 y la segunda área conductora 34 entran en contacto entre sí se producen derivaciones, lo que provoca un deterioro indeseable en el rendimiento de la célula solar 150. Sin embargo, en la presente realización, es posible evitar derivaciones innecesarias colocando el área 36 de barrera entre la primera área conductora 32 y la segunda área conductora 34.

40 En este caso, en la presente realización, puede disponerse adicionalmente cualquiera de la primera área conductora 32 y la segunda área conductora 34 sobre (por ejemplo, en contacto con) la superficie lateral del sustrato semiconductor 10.

45 El área 36 de barrera puede incluir cualquiera de diversos materiales, que pueden ubicarse entre la primera área conductora 32 y la segunda área conductora 34 para aislar sustancialmente las áreas conductoras 32 y 34 entre sí. Es decir, el área 36 de barrera puede formarse con un material aislante no dopado (por ejemplo, un óxido o nitruro). Como alternativa, el área 36 de barrera puede incluir un semiconductor intrínseco. En este momento, la primera área conductora 32, la segunda área conductora 34 y el área 36 de barrera pueden formarse con el mismo semiconductor 50 (por ejemplo, silicio amorfo, silicio microcristalino o silicio policristalino), que se forma continuamente de manera que las superficies laterales de las tres áreas 32, 34 y 36 entren en contacto entre sí. El área 36 de barrera puede incluir un material semiconductor de tipo i (intrínseco), que sustancialmente no incluya dopante. En un ejemplo, después de formar una capa semiconductora que incluya un material semiconductor, se dopa un área de la capa semiconductora con el primer dopante conductor para formar la primera área conductora 32, y se dopa otra área de la capa 55 semiconductora con el segundo dopante conductor para formar la segunda área conductora 34, de modo que el área restante en la que no se formen la primera área conductora 32 y la segunda área conductora 34 puede configurar el área 36 de barrera. De esta forma, puede simplificarse la fabricación de la primera zona conductora 32, la segunda área conductora 34 y el área 36 de barrera.

60 Sin embargo, la presente invención no está limitada a esto. Por tanto, cuando el área 36 de barrera se forma por separado de la primera área conductora 32 y la segunda área conductora 34, el espesor del área 36 de barrera puede diferir de los de la primera área conductora 32 y la segunda área conductora 34. En un ejemplo, para prevenir de manera más efectiva un cortocircuito entre la primera área conductora 32 y la segunda área conductora 34, el área 36 de barrera puede ser más gruesa que la primera área conductora 32 y la segunda área conductora 34. Como 65 alternativa, para reducir la cantidad de materia prima requerida para formar el área 36 de barrera, el área 36 de barrera puede ser más delgada que la primera área conductora 32 y la segunda área conductora 34. Por supuesto, son

posibles diversas otras alteraciones. Asimismo, el material constitutivo básico del área 36 de barrera puede diferir de los de la primera área conductora 32 y la segunda área conductora 34.

Asimismo, la presente realización ilustra la configuración en la que el área 36 de barrera hace que la primera área conductora 32 y la segunda área conductora 34 estén completamente separadas entre sí. Sin embargo, la presente invención no está limitada a esto. En consecuencia, el área 36 de barrera se puede formar de manera que la primera área conductora 32 y la segunda área conductora 34 estén separadas entre sí solo a lo largo de una parte del límite entre ellas. De este modo, las áreas conductoras 32 y 34 pueden entrar en contacto entre sí a lo largo de la porción restante del límite entre ellas.

En este caso, la primera área conductora 32, que es de un tipo de conductor diferente al del área 110 de base, puede ser más ancha que la segunda área conductora 34, que es del mismo tipo de conductor que el área 110 de base. Como tal, la unión pn, que se forma a través de la capa 20 de tunelización entre el área 110 de base y la primera área conductora 32, puede tener una mayor anchura. En este momento, cuando el tipo de conductor del área 110 de base y la segunda área conductora 34 es de tipo n y el tipo de conductor de la primera área conductora 32 es de tipo p, la primera área conductora ancha 32 puede acumular huecos de manera efectiva, que se desplacen con relativa lentitud. Se describirá a continuación con más detalle la configuración en planta de la primera zona conductora 32, la segunda área conductora 34 y el área 36 de barrera, con referencia a la FIG. 4.

La película 40 de pasivación de superficie trasera se puede formar sobre la primera y segunda áreas conductoras 32 y 34 y el área 36 de barrera en la superficie trasera del sustrato semiconductor 10. En un ejemplo, la película 40 de pasivación de superficie trasera puede entrar en contacto con la primera y segunda áreas conductoras 32 y 34 y el área 36 de barrera, teniendo así una estructura simplificada. Sin embargo, la presente invención no está limitada a esto.

La película 40 de pasivación de superficie trasera tiene una abertura 402 para conectar la primera área conductora 32 y el primer electrodo 42, y una abertura 404 para conectar la segunda área conductora 34 y el segundo electrodo 44. Como tal, la película 40 de pasivación de superficie trasera sirve para evitar que la primera área conductora 32 y la segunda área conductora 34 se conecten al electrodo incorrecto (es decir, al segundo electrodo 44 en el caso de la primera área conductora 32 y al primer electrodo 42 en el caso de la segunda área conductora 34). Asimismo, la película 40 de pasivación de superficie trasera se puede usar para la pasivación de la primera y segunda áreas conductoras 32 y 34 y/o el área 36 de barrera.

La película 40 de pasivación de superficie trasera puede disponerse sobre una porción de la capa semiconductor 30 en la que no estén situados los electrodos 42 y 44. La película 40 de pasivación de superficie trasera puede ser más gruesa que la capa 20 de tunelización. Como tal, pueden mejorarse las propiedades de aislamiento y pasivación de la película 40 de pasivación de superficie trasera. Son posibles diversas otras alteraciones.

La película 40 de pasivación de superficie trasera puede formarse con cualquiera de diversos materiales aislantes (por ejemplo, un óxido o un nitruro). En un ejemplo, la película 40 de pasivación de superficie trasera puede incluir una sola película o múltiples películas en forma de una combinación de dos o más películas, seleccionadas 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 nitruro de óxido de silicio, una película de carburo de silicio, Al_2O_3 , MgF_2 , ZnS , TiO_2 y CeO_2 . Por ejemplo, la película 40 de pasivación de superficie trasera puede adoptar la forma de una pila en la que se apilen una película de nitruro de silicio y una película de carburo de silicio una encima de otra. Sin embargo, el presente concepto inventivo no se limita a esto y, por supuesto, la película 40 de pasivación de superficie trasera puede formarse con cualquiera de diversos otros materiales.

En un ejemplo, en la presente realización, la película 40 de pasivación de superficie trasera, la película 24 de pasivación de superficie frontal y/o la película antirreflectante 26 pueden no incluir un dopante para lograr excelentes propiedades de aislamiento y pasivación.

Los electrodos 42 y 44, dispuestos sobre la superficie trasera del sustrato semiconductor 10, incluyen el primer electrodo 42, que está conectado eléctrica y físicamente a la primera área conductora 32, y el segundo electrodo 44, que está conectado eléctrica y físicamente a la segunda área conductora 34.

En este momento, el primer electrodo 42 pasa a través de la primera abertura 402 de la película 40 de pasivación de superficie trasera y conecta con la primera área conductora 32, y el segundo electrodo 44 pasa a través de la segunda abertura 404 de la película 40 de pasivación de superficie trasera y conecta con la segunda área conductora 34. El primer y segundo electrodos 42 y 44 pueden incluir diversos materiales metálicos. Asimismo, el primer y segundo electrodos 42 y 44 pueden tener cualquiera de diversas formas planas de modo que no estén conectados eléctricamente entre sí, pero sí estén conectados respectivamente a la primera zona conductora 32 y a la segunda zona conductora 34 para captar los portadores producidos y transmitirlos al exterior. Es decir, el presente concepto inventivo no se limita a la forma en planta del primer y segundo electrodos 42 y 44.

En adelante en el presente documento, se describirá en detalle la estructura de apilamiento del primer electrodo 42

y/o el segundo electrodo 44 con referencia a los círculos ampliados de las FIGS. 2 y 3, y luego se describirá en detalle la estructura en planta del primer electrodo 42 y/o el segundo electrodo 44 con referencia a la FIG. 4. Aunque los círculos ampliados de las FIGS. 2 y 3 y la siguiente descripción se centran en el primer electrodo 42 a modo de ejemplo, el segundo electrodo 44 puede tener la misma estructura o una muy similar. Por tanto, la estructura de apilamiento del primer electrodo 42 que se describe a continuación se puede aplicar al segundo electrodo 44.

Haciendo referencia al círculo ampliado de la FIG. 2, el primer electrodo 42 incluye una capa adhesiva 422 dispuesta sobre la capa semiconductor 30, que configura la primera zona conductora 32 (la segunda zona conductora 34 en el caso del segundo electrodo 44), una capa 424 de electrodo, dispuesta sobre la capa adhesiva 422 y que incluye un metal como componente principal (es decir, incluye un material en la tasa más alta, p. ej. un material incluido en una cantidad de 50 partes en peso o más), y una capa 428 de barrera, dispuesta sobre la capa 424 de electrodo, incluye un metal diferente al de la capa 424 de electrodo como componente principal, y tiene un punto de fusión más alto que la capa 424 de electrodo. Asimismo, una capa adaptadora 426 (o capa de conexión de cinta) está dispuesta sobre la capa 428 de barrera. En este caso, la capa 424 de electrodo cumple la función básica de un electrodo que capta los portadores producidos por conversión fotoeléctrica y los transmite al exterior, y, por tanto, tiene un espesor mayor que la capa adhesiva 422 y la capa 428 de barrera. Asimismo, la capa adhesiva 422 sirve para mejorar, por ejemplo, la adherencia entre la primera área conductora 32 y la capa 424 de electrodo, y la capa adaptadora 426 se usa como la capa que conecta con la cinta 142.

La capa adhesiva 422 está ubicada entre (por ejemplo, en contacto con) la capa semiconductor 30 y la capa 424 de electrodo. La capa adhesiva 422 puede incluir un metal, que sea conductor y tenga un excelente contacto con la capa semiconductor 30. Como tal, puede mejorarse la adherencia entre la capa semiconductor 30 y la capa 424 de electrodo sin deteriorar la conductividad del primer electrodo 42. Para mejorar el contacto entre la capa adhesiva 422 y la capa semiconductor 30, el coeficiente de expansión térmica de la capa adhesiva 422 tiene un valor entre el coeficiente de expansión térmica de la capa semiconductor 30 y el coeficiente de expansión térmica de la porción de la capa 424 de electrodo que está adyacente a la capa adhesiva 422.

Teniendo en cuenta la descripción anterior con más detalle, cuando la diferencia en el coeficiente de expansión térmica entre la capa semiconductor 30 y el primer electrodo 42 es elevada, puede deteriorarse el contacto de interfaz entre la capa semiconductor 30 y el primer electrodo 42 durante diversos procesos de tratamiento térmico (recocido) para formar la célula solar 150. De este modo, puede aumentar la resistencia de contacto entre la capa semiconductor 30 y el primer electrodo 42. Esto puede ser un problema importante cuando se reduce la anchura lineal de la capa semiconductor 30 o del primer electrodo 42 de manera que se reduce el área de contacto entre la capa semiconductor 30 y el primer electrodo 42. En consecuencia, en la presente realización, puede limitarse el coeficiente de expansión térmica de la capa adhesiva 422 del primer electrodo 42, que entra en contacto con la capa semiconductor 30, para reducir la diferencia en el coeficiente de expansión térmica entre la capa semiconductor 30 y el primer electrodo 42, consiguiendo así un contacto de interfaz mejorado.

Cuando la capa semiconductor 30 incluye silicio, el coeficiente de dilatación térmica del mismo está comprendido entre aproximadamente 2,6 y 2,9 ppm/K. El coeficiente de expansión térmica del cobre (Cu), el aluminio (Al), la plata (Ag) o el oro (Au), por ejemplo, que puede formar una porción de la capa 424 de electrodo adyacente a la capa adhesiva 422 (por ejemplo, en la presente realización, que puede formar la capa 424 de electrodo), es de aproximadamente 14,2 ppm/K o más. Más específicamente, el coeficiente de expansión térmica del cobre es de aproximadamente 16,5 ppm/K, el coeficiente de expansión térmica del aluminio es de aproximadamente 23,0 ppm/K, el coeficiente de expansión térmica de la plata es de aproximadamente 19,2 ppm/K, y el coeficiente de expansión térmica del oro es de aproximadamente 14,2 ppm/K.

Teniendo en cuenta la descripción anterior, el coeficiente de expansión térmica de un material (por ejemplo, un metal) que constituya la capa adhesiva 422 puede estar comprendido entre aproximadamente 4,5 ppm/K y aproximadamente 14 ppm/K (por ejemplo, estar comprendido entre 4,5 ppm/K y 10 ppm/K). Cuando el coeficiente de dilatación térmica del cobre sea inferior a 4,5 ppm/K o supere 14 ppm/K, mejorar la adherencia reduciendo la diferencia en el coeficiente de expansión térmica entre la capa semiconductor 30 y la capa adhesiva 422 podría ser insuficiente. En este momento, cuando el coeficiente de dilatación térmica está comprendido entre 4,5 ppm/K y 10 ppm/K, la capa adhesiva 422 puede ejercer efectos mejorados adicionales.

En un ejemplo, la capa adhesiva 422 puede incluir como componente principal titanio (Ti), que tiene un coeficiente de expansión térmica de aproximadamente 8,4 ppm/K, molibdeno (Mo), que tiene el coeficiente de expansión térmica dentro de un intervalo de aproximadamente 4,5 ppm/K a 4,6 ppm/K, cromo (Cr), que tiene un coeficiente de expansión térmica dentro de un intervalo de aproximadamente 4,9 ppm/K a 8,2 ppm/K, o tungsteno (W), que tiene un coeficiente de expansión térmica de aproximadamente 4,6 ppm/K. En un ejemplo, la capa adhesiva 422 puede incluir titanio, molibdeno, cromo o tungsteno en una cantidad de 90 partes en peso a 100 partes en peso. Por ejemplo, la capa adhesiva 422 puede incluir titanio, molibdeno, cromo o tungsteno en estado de un solo metal, en lugar de una aleación, para lograr de manera efectiva las propiedades deseadas. Sin embargo, el presente concepto inventivo no se limita a esto, y la capa adhesiva 422 puede formarse con una aleación que incluya al menos uno de titanio, molibdeno, cromo y tungsteno.

En este momento, el tungsteno es costoso y puede aumentar considerablemente los costos de fabricación, y el cromo puede convertirse en el objetivo de diversas regulaciones debido a, por ejemplo, el cromo hexavalente, que puede tener un efecto negativo en el medio ambiente. Por lo tanto, la capa adhesiva 422 puede formarse con titanio, molibdeno, o cromo, y más específicamente, puede formarse con titanio o molibdeno. En particular, el molibdeno tiene una resistencia específica más baja que el titanio y, por lo tanto, puede mejorar en gran medida la conexión eléctrica entre el primer electrodo 42 y la capa semiconductora 30.

Cuando la capa adhesiva 422 incluye titanio, molibdeno, cromo o tungsteno, puede mejorarse el contacto entre la capa semiconductora 30 y el primer electrodo 42 reduciendo la diferencia entre los coeficientes de expansión térmica de los mismos. Asimismo, dado que la capa adhesiva 422 se forma con titanio, molibdeno, cromo o tungsteno y, por lo tanto, tiene un punto de fusión más alto que la capa 424 de electrodo, la capa adhesiva 422 puede funcionar como una barrera para evitar que el material que constituye la capa 424 de electrodo (por ejemplo, aluminio o cobre) se difunda dentro de la capa semiconductora 30 o dentro del sustrato semiconductor 10 a una temperatura superior a la temperatura ambiente. De este modo, pueden evitarse los problemas causados por la difusión del material que constituye la capa 424 de electrodo al interior de la capa semiconductora 30 o el sustrato semiconductor 10. En particular, el titanio, el molibdeno, el cromo o el tungsteno son metales refractarios y tienen un alto punto de fusión, y por lo tanto requieren una gran cantidad de energía para la difusión de elementos o similares. En consecuencia, puede evitarse la difusión de elementos eficazmente incluso si aumenta la temperatura. En este caso, el metal refractario supone un material que tiene un punto de fusión más alto que el punto de fusión (aproximadamente 1537 °C) del hierro.

Por ejemplo, el punto de fusión del titanio es de aproximadamente 1670 °C, el punto de fusión del molibdeno es de aproximadamente 1670 °C, el punto de fusión del cromo es de aproximadamente 1860 °C y el punto de fusión del tungsteno es de aproximadamente 3422 °C. Por otro lado, con respecto a un material constituyente de la capa 424 de electrodo, el punto de fusión del cobre es de aproximadamente 1084 °C, el punto de fusión del aluminio es de aproximadamente 660 °C, el punto de fusión de la plata es de aproximadamente 961 °C y el punto de fusión del oro es de aproximadamente 1063 °C. Como tal, la capa 424 de electrodo incluye como componente principal un metal en lugar de un metal refractario, y la capa adhesiva 422 incluye como componente principal un metal refractario, que tiene un punto de fusión más alto que la capa 424 de electrodo.

Por otra parte, la película 40 de pasivación refleja principalmente una región de longitud de onda larga de luz. Por lo tanto, si el espesor de la capa adhesiva 422 excede cierto nivel, debido a la absorción de luz de la capa adhesiva 422, se reduce la reflectancia de la luz en la región de longitud de onda larga de la película 40 de pasivación. En consecuencia, también disminuye la eficiencia de la célula solar. Por tanto, limitando el espesor de la capa adhesiva 422, es posible mejorar la eficiencia de la célula solar 150.

Asimismo, la capa adhesiva 422 se compara con la primera región del tipo de conductividad 32, pudiendo formarse con un material que tenga una resistencia relativamente alta. Por tanto, si el espesor de la capa adhesiva 422 excede cierto nivel, será difícil que el portador se desplace desde la primera área conductora 32 hasta la capa de electrodo (424). Por tanto, si se limita el espesor de la capa adhesiva (422) por debajo de cierto nivel, se puede mejorar la movilidad del portador (electrones o huecos), por lo que es posible mejorar la eficiencia de la célula solar.

Por otra parte, la capa adhesiva 422 es más delgada que la capa 424 de electrodo. Aunque la capa 424 de electrodo ilustrada en la presente realización está formada en una sola capa, la presente invención no está limitada a esto. Por tanto, se pueden proporcionar múltiples capas 424 de electrodo. En este caso, el espesor de la capa adhesiva 422 puede ser menor que el espesor de cada una de las capas 424 de electrodo. Específicamente, el espesor de la capa adhesiva 422 puede ser de 50 nm o menos. Cuando el espesor de la capa adhesiva 422 supera los 50 nm, puede aumentar la resistencia eléctrica de la capa adhesiva 422 y, por lo tanto, puede deteriorarse la movilidad del portador que se dirige a la capa 424 de electrodo. La movilidad del portador de la capa adhesiva 422 puede incrementarse aún más si el espesor de la capa adhesiva 422 es de 20 nm o menos. En este caso, el espesor de la capa adhesiva 422 puede estar comprendido entre 1 nm y 50 nm (por ejemplo, entre 1 nm y 20 nm). Cuando el espesor de la capa adhesiva 422 es inferior a 1 nm, puede ser difícil formar uniformemente la capa adhesiva 422 sobre la capa semiconductora 30, y mejorar la adherencia mediante la capa adhesiva 422 puede resultar insuficiente. Sin embargo, el presente concepto inventivo no se limita a esto y, por ejemplo, el espesor de la capa adhesiva 422 puede cambiar en consideración de los materiales, las condiciones del proceso, etc.

La capa 424 de electrodo se dispone sobre la capa adhesiva 422. La capa 424 de electrodo entra en contacto con la capa adhesiva 422 para simplificar la estructura del primer electrodo 42. La capa 424 de electrodo dispuesta sobre la capa adhesiva 422 puede configurarse como una sola capa o puede incluir una pluralidad de capas para mejorar diversas propiedades. En la presente realización, la capa 424 de electrodo puede configurarse como una sola capa, que se interpone entre la capa adhesiva 422 y la capa 428 de barrera y entra en contacto con las mismas. La capa 424 de electrodo sirve para impartir al primer electrodo 42 una resistencia reducida y una conductividad eléctrica aumentada, y también sirve como capa conductora que transfiere sustancialmente corriente. Asimismo, la capa 424 de electrodo sirve como barrera para evitar que el material constituyente de la capa adaptadora 426 se difunda al interior de la capa semiconductora 30 o el sustrato semiconductor. Es decir, la capa 424 de electrodo puede servir como capa conductora y como capa de barrera. La capa 424 de electrodo descrita anteriormente puede formarse con

un metal que tenga conductividad y, por ejemplo, puede incluir cobre, aluminio, plata, oro o sus aleaciones como componente principal. Por ejemplo, la capa 424 de electrodo puede incluir cobre, aluminio, plata, oro o sus aleaciones en una cantidad de 90 partes en peso a 100 partes en peso. En particular, la capa 424 de electrodo puede incluir aluminio como componente principal. En este caso, la capa 424 de electrodo puede fabricarse a bajo costo y puede tener una conductividad excelente. Por otra parte, La capa 424 de electrodo tiene un espesor mayor que la capa adhesiva 422 y la capa 428 de barrera, que puede estar comprendido entre 50 nm y 400 nm. En un ejemplo, el espesor de la capa 424 de electrodo puede estar comprendido entre 100 nm y 400 nm (más específicamente, estar comprendido entre 100 nm a 300 nm). Cuando el espesor de la capa 424 de electrodo está por debajo de 50 nm, la capa 424 de electrodo puede tener dificultades para funcionar como una capa de barrera y una capa de electrodo conductora. Cuando el espesor de la capa 424 de electrodo supera los 400 nm, los costes de fabricación pueden aumentar incluso si la conductividad de la capa 424 de electrodo no mejora mucho. Cuando el espesor de la capa 424 de electrodo es de 100 nm o más, puede reducirse aún más la resistencia del primer electrodo 42. Cuando el espesor de la capa 424 de electrodo es de 300 nm o menos, puede prevenirse eficazmente un fenómeno de desprendimiento atribuible al aumento de la tensión térmica sin reducir excesivamente la resistencia. Sin embargo, el presente concepto inventivo no se limita a esto, y el espesor de la capa 424 de electrodo puede cambiar.

La capa 428 de barrera, que se forma sobre la capa 424 de electrodo para quedar ubicada entre la capa 424 de electrodo y la capa adaptadora 426, puede evitar una reacción entre la capa 424 de electrodo y la capa adaptadora 426, o puede evitar que el material de la capa 424 de electrodo se difunda al interior de la capa adaptadora 426. En este momento, ambas superficies de la capa 428 de barrera entran en contacto con la capa 424 de electrodo y la capa adaptadora 426, respectivamente, para simplificar la estructura del primer electrodo 42.

Debido a que a altas temperaturas (por ejemplo, al recocer los electrodos 42 y 44) puede producirse la reacción entre la capa 424 de electrodo y la capa adaptadora 426, o la difusión del material constituyente de la capa 424 de electrodo, la capa 428 de barrera puede incluir como componente principal un metal que tenga un punto de fusión más alto que la capa 424 de electrodo.

Es decir, la capa 428 de barrera incluye como componente principal un metal, que es diferente al de la capa 424 de electrodo y tiene un punto de fusión relativamente alto. En un ejemplo, la capa 428 de barrera puede incluir un metal refractario como componente principal. Como tal, dado que el metal refractario tiene un alto punto de fusión y, por lo tanto, requiere una cantidad relativamente elevada de energía para la difusión de un material constituyente del mismo, por ejemplo, la difusión no se producirá fácilmente incluso si el recocido se lleva a cabo a una temperatura de tratamiento térmico superior a la temperatura ambiente. En consecuencia, la capa 428 de barrera puede evitar la difusión de materiales de la capa 424 de electrodo y la capa adaptadora 426 y, en consecuencia, prevenir p. ej. las reacciones químicas entre las mismas. Cuando la capa 428 de barrera no incluye metal refractario, la capa 428 de barrera puede tener dificultades para ejercer efectos suficientes. En este caso, el metal refractario supone un material que tiene un punto de fusión más alto que el punto de fusión (aproximadamente 1538 °C) del hierro.

Asimismo, el coeficiente de expansión térmica de la capa 428 de barrera puede ser menor que el coeficiente de expansión térmica de la capa 424 de electrodo, y puede ser menor que el coeficiente de expansión térmica de la capa adaptadora 426. Cuando el primer electrodo 42 incluye un material que tiene un alto coeficiente de expansión térmica con un gran espesor, el primer electrodo 42 puede ser más vulnerable al estrés térmico. Teniendo en cuenta esto, en la presente realización, puede interponerse la capa 428 de barrera que tiene un bajo coeficiente de expansión térmica entre la capa 424 de electrodo y la capa adaptadora 426, que tienen coeficientes relativamente altos de expansión térmica, para que funcione como capa de amortiguación térmica. De este modo, el primer electrodo 42 puede resistir el estrés térmico.

Por ejemplo, el coeficiente de expansión térmica de un material (por ejemplo, un metal) que constituya la capa 428 de barrera puede estar comprendido entre aproximadamente 4,5 ppm/K y aproximadamente 14 ppm/K (por ejemplo, estar comprendido entre 4,5 ppm/K y 10 ppm/K). Cuando el coeficiente de expansión térmica sea inferior a 4,5 ppm/K o supere 14 ppm/K, la capa 428 de barrera podría no suponer una capa de protección térmica suficiente. En este momento, cuando el coeficiente de dilatación térmica está comprendido entre 4,5 ppm/K y 10 ppm/K, la capa 428 de barrera puede presentar efectos mejorados adicionales como capa de amortiguación térmica.

La capa 428 de barrera incluye como componente principal titanio, molibdeno, cromo o tungsteno, que pueden cumplir todas las condiciones descritas anteriormente. Por ejemplo, la capa 428 de barrera puede incluir titanio, molibdeno, cromo o tungsteno en una cantidad de 90 partes en peso a 100 partes en peso. Por ejemplo, la capa 428 de barrera puede incluir titanio, molibdeno, cromo o tungsteno en estado de un solo metal, en lugar de una aleación, para lograr de manera efectiva las propiedades deseadas. Sin embargo, el presente concepto inventivo no se limita a esto, y la capa 428 de barrera puede formarse con una aleación que incluya al menos uno de titanio, molibdeno, cromo y tungsteno.

En este momento, el tungsteno es costoso y puede aumentar considerablemente los costos de fabricación, y el cromo puede convertirse en el objetivo de diversas regulaciones debido a, por ejemplo, el cromo hexavalente, que puede tener un efecto negativo en el medio ambiente. Por lo tanto, la capa 428 de barrera puede formarse con titanio, molibdeno, o cromo, y más específicamente, puede formarse con titanio o molibdeno. En particular, el molibdeno tiene

una resistencia específica más baja que el titanio y, por lo tanto, puede reducir en gran medida la resistencia del primer electrodo 42.

El coeficiente concreto de expansión térmica del titanio, el molibdeno, el cromo o el tungsteno ya se ha descrito y, por lo tanto, se omitirá una descripción detallada del mismo a continuación. Por otro lado, con respecto a un material constituyente de la capa adaptadora 426, el coeficiente de dilatación térmica de una aleación de níquel-vanadio puede ser de aproximadamente 13 ppm/K, y el coeficiente de dilatación térmica del estaño puede estar comprendido entre 17 ppm/K y 36 ppm/K, que es mayor que en la capa 428 de barrera. Sin embargo, el presente concepto inventivo no se limita a esto, y el coeficiente de expansión térmica de la capa adaptadora 426 puede ser igual o menor que el de la capa 428 de barrera.

La capa 428 de barrera puede ser más gruesa que la capa adhesiva 422 y más delgada que la capa 424 de electrodo. La capa 428 de barrera se ubica más alejada del sustrato semiconductor 10 que la capa 424 de electrodo y, por lo tanto, no necesita ser transmisora de luz. Por lo tanto, la capa 428 de barrera no requiere una alta transmisión de luz y, por lo tanto, puede ser más gruesa que la capa adhesiva 422 y, por lo tanto, puede tener una transmisión de luz más baja que la capa adhesiva 422. Asimismo, la capa 428 de barrera, que es más gruesa que la capa adhesiva 422, puede exhibir efectos de barrera mejorados. Asimismo, dado que la capa 424 de electrodo funciona sustancialmente como el primer electrodo 42, reducir el espesor de la capa 428 de barrera en comparación con la capa 424 de electrodo puede evitar que aumente innecesariamente el espesor del primer electrodo 42.

Por ejemplo, la relación entre el espesor de la capa adhesiva 422 y el espesor de la capa 428 de barrera puede estar comprendida entre 1:2 y 1:30. Cuando la relación es inferior a 1:2, la capa 428 de barrera podría no ejercer efectos suficientes debido a un espesor insuficiente de la misma, o la capa adhesiva 422 podría presentar una baja reflectancia de una región de longitud de onda larga de luz debido a un gran espesor de la misma. Cuando la relación excede 1:30, la capa 428 de barrera que tiene un gran espesor podría provocar un aumento de los costos y el tiempo de fabricación, y la capa adhesiva 422 podría no ejercer efectos suficientes debido a su pequeño espesor. En un ejemplo, la relación puede estar comprendida entre 1:4 y 1:25.

Como alternativa, el espesor de la capa 428 de barrera puede ser de 80 nm o menos. Cuando el espesor supera los 80 nm, la capa 428 de barrera podría provocar un aumento de los costes y del tiempo de fabricación debido a su gran espesor. En un ejemplo, el espesor de la capa 428 de barrera podría estar comprendido entre 2 nm y 80 nm. Cuando el espesor de la capa 428 de barrera está por debajo de 2 nm, la capa 428 de barrera podría no ejercer efectos suficientes debido a un espesor insuficiente de la misma. Sin embargo, la presente invención no está limitada a esto. Cuando la capa 428 de barrera incluye un material que tiene una resistencia específica baja, se puede aumentar el espesor de la capa 428 de barrera para reducir la resistencia del primer electrodo 42. Son posibles diversas otras alteraciones.

Asimismo, la resistencia específica de la capa 428 de barrera puede ser mayor que la de la capa 424 de electrodo. Por ejemplo, con respecto a un material constituyente de la capa 428 de barrera, la resistencia específica del titanio puede ser de aproximadamente 42 mΩ·cm, la resistencia específica del molibdeno puede ser de aproximadamente 5,34 mΩ·cm, la resistencia específica del cromo puede ser de aproximadamente 13 mΩ·cm, y la resistencia específica del tungsteno puede ser de aproximadamente 5,60 mΩ·cm. Asimismo, con respecto a un material constituyente de la capa 424 de electrodo, la resistencia específica del cobre puede ser de aproximadamente 1,68 mΩ·cm, la resistencia específica del aluminio puede ser de aproximadamente 2,65 mΩ·cm, la resistencia específica de la plata puede ser de aproximadamente 1,59 mΩ·cm, y la resistencia específica del oro puede ser de aproximadamente 2,44 mΩ·cm.

En un ejemplo, la resistencia específica de la capa 428 de barrera puede ser menor que la de la capa adaptadora 426. Con respecto a un material constituyente de la capa adaptadora 426, la resistencia específica de una aleación de níquel-vanadio puede ser de aproximadamente 63 mΩ·cm, y la resistencia específica del estaño puede ser de aproximadamente 11 mΩ·cm. Es decir, cuando la capa adaptadora 426 incluye la aleación de níquel-vanadio, la capa 428 de barrera tiene una resistencia específica más baja que la capa adaptadora 426 aunque incluya cualquiera de titanio, molibdeno, cromo y tungsteno. Asimismo, cuando la capa adaptadora 426 incluye estaño, la capa 428 de barrera tiene una resistencia específica menor que la capa adaptadora 426 cuando incluye molibdeno o tungsteno. Sin embargo, el presente concepto inventivo no se limita a esto, y la resistencia específica de la capa 428 de barrera puede ser igual o mayor que la resistencia específica de la capa adaptadora 426.

Sin embargo, el presente concepto inventivo no se limita a, por ejemplo, el espesor de la capa adhesiva 422, el espesor de la capa 428 de barrera, la transmitancia de luz de la capa 428 de barrera ni la resistencia específica de la capa 428 de barrera.

Como se ha descrito anteriormente, en la presente realización, la capa adhesiva 422 y la capa 428 de barrera, que se disponen en superficies opuestas de la capa 424 de electrodo, puede incluir como componente principal un metal refractario, que se selecciona de entre titanio, molibdeno, cromo y tungsteno. Es decir, cuando el metal refractario que tiene un alto punto de fusión se dispone sobre superficies opuestas de la capa 424 de electrodo y se somete a, por ejemplo, recocido a alta temperatura, es posible prevenir eficazmente que el material constituyente de la capa 424 de electrodo (más particularmente, un material del componente principal) se difunda al interior del sustrato semiconductor

10 o de la capa semiconductor 30 y la capa adaptadora 426.

En un ejemplo, la capa adhesiva 422 y la capa 428 de barrera, que se disponen en superficies opuestas de la capa 424 de electrodo, pueden tener el mismo material de componente principal. Como tal, pueden limitarse los tipos de metal que han de estar disponibles durante el proceso de fabricación, lo que puede simplificar el proceso de fabricación y reducir los costes de fabricación. Asimismo, la capa adhesiva 422 y la capa 428 de barrera pueden tener el mismo bajo coeficiente de expansión térmica, o uno similar, resistiendo así eficazmente el estrés térmico.

Como alternativa, la resistencia específica de la capa 428 de barrera puede ser igual o menor que la resistencia específica de la capa adhesiva 422. La capa 428 de barrera y la capa adhesiva 422 pueden tener el mismo material de componente principal para tener la misma resistencia específica, o el material de componente principal de la capa 428 de barrera puede tener una resistencia específica más baja que la capa adhesiva 422 para que la resistencia específica de la capa 428 de barrera sea menor que la resistencia específica de la capa adhesiva 422. Como tal, la capa 428 de barrera, que es más gruesa que la capa adhesiva 422, puede tener una resistencia específica igual o menor que la de la capa adhesiva 422, lo que puede reducir aún más la resistencia del primer electrodo 42. Por ejemplo, cada una de la capa adhesiva 422 y la capa 428 de barrera incluye titanio o molibdeno como componente principal, o la capa adhesiva 422 puede incluir titanio como componente principal y la capa 428 de barrera puede incluir como componente principal molibdeno, que tiene menor resistencia que el titanio.

La capa adaptadora 426 se dispone sobre la capa 428 de barrera. La capa adaptadora 426 se forma sobre la capa 428 de barrera para que entre en contacto con la capa 428 de barrera. La capa adaptadora 426 es una porción que conecta con la cinta 142, y puede incluir un material adecuado para una conexión excelente con la cinta 142. Se describirán a continuación diversos ejemplos de la estructura de conexión de la capa adaptadora 426 y la cinta 142, con referencia a la FIG. 5. La FIG. 5 es una vista ampliada que ilustra diversos ejemplos de la estructura de unión del primer electrodo 42 y la cinta 142 en la célula solar 150 de acuerdo con una realización del presente concepto inventivo. Para una descripción clara y breve, en la FIG. 5, la forma del primer electrodo 42 se ilustra basándose en la forma ilustrada en el círculo ampliado de la FIG. 2.

En un ejemplo, como se ilustra en la FIG. 5(a), la cinta 142, que incluye, por ejemplo, plomo (Pb) y estaño, puede disponerse sobre la capa adaptadora 426 y luego unirse directamente a la capa adaptadora 426 al recibir calor. Como alternativa, como se ilustra en la FIG. 5(b), en un estado en el que hay una pasta (por ejemplo, soldadura en pasta que incluye, por ejemplo, estaño y bismuto) entre la capa adaptadora 426 y la cinta 142, pueden unirse entre sí la capa adaptadora 426 y la cinta 142 mediante una capa 146 de pasta aplicando calor. Como alternativa, como se ilustra en la FIG. 5(c), en un estado en el que una película conductora 148 está interpuesta entre la capa adaptadora 426 y la cinta 142, pueden unirse entre sí la capa adaptadora 426 y la cinta 142 mediante la película conductora 148 aplicando presión. La película conductora 148 puede formarse dispersando partículas conductoras, que están formadas, por ejemplo, por oro, plata, níquel o cobre altamente conductivos, en una película formada, por ejemplo, por resina epoxi, resina acrílica, resina de poliimida o resina de policarbonato. Cuando se aplican calor y presión a la película conductora, las partículas conductoras quedan expuestas fuera de la película, y la célula solar 150 y la cinta 142 pueden conectarse eléctricamente entre sí mediante las partículas conductoras expuestas. Si se conectan entre sí diversas células solares 150 mediante la película conductora (no ilustrada) para constituir un módulo, se puede reducir la temperatura del proceso, lo que puede evitar que se doble la célula solar 150. La capa adaptadora 426 y la cinta 142 pueden unirse y conectarse entre sí a través de diversos otros métodos.

La capa adaptadora 426 incluye estaño (Sn) o una aleación de níquel-vanadio (NiV). Ventajosamente, el estaño tiene una excelente adherencia con la cinta 142 o con la pasta de conexión con la cinta 142. Asimismo, la aleación de níquel-vanadio tiene una excelente adherencia con la cinta 142 o con la pasta de conexión con la cinta 142. Más específicamente, si la pasta incluye estaño y bismuto, el estaño de la pasta y el níquel de la aleación de níquel-vanadio presentan una adherencia excelente. Asimismo, la aleación de níquel-vanadio tiene un punto de fusión muy alto de aproximadamente 1000 °C o más, que es superior al del material constituyente de la capa 424 de electrodo. De este modo, la capa adaptadora 426 no se deforma durante la unión con la cinta 142 o durante la fabricación de la célula solar 150, y puede servir como película de protección suficiente para proteger la capa 424 de electrodo.

La capa adaptadora 426 puede tener un espesor de nanounitario, por ejemplo, un espesor dentro de un intervalo de 50 nm a 300 nm. La capa adaptadora 426 puede tener una adherencia deteriorada con la cinta 142 si el espesor de la misma es inferior a 50 nm, y puede provocar un aumento de los costes de fabricación si el espesor de la misma supera los 300 nm. Sin embargo, el presente concepto inventivo no se limita a esto y, por ejemplo, el espesor de la capa adaptadora 426 puede cambiar de diversas formas.

En la presente realización, el primer electrodo 42, que incluye la capa adhesiva 422, la capa 424 de electrodo, la capa 428 de barrera y la capa adaptadora 426, puede formarse, por ejemplo, mediante pulverización catódica. Es decir, tras formar las capas de metal, que forman respectivamente la capa adhesiva 422, la capa 424 de electrodo, la capa 428 de barrera y la capa adaptadora 426, de modo que la abertura 402 (o la abertura 404 en el caso del segundo electrodo 44) de la película 40 de pasivación, formada sobre la superficie trasera del sustrato semiconductor 10, quede llena con las capas de metal, se modelan las mismas para formar la capa adhesiva 422, la capa 424 de electrodo, la capa 428 de barrera y la capa adaptadora 426 del primer electrodo 42 (y/o el segundo electrodo 44). Se pueden aplicar

diversos métodos de modelado. En un ejemplo, el modelado se puede practicar mediante un método que use una solución resistente de grabado. En este momento, pueden formarse el primer electrodo 42 y el segundo electrodo 44 modelando simultáneamente las mismas capas de metal.

- 5 Cuando se utiliza la pulverización catódica como se ha descrito anteriormente, debido a que se apilan los correspondientes materiales unos encima de otros en la dirección del espesor de la célula solar 150, se apilan las respectivas capas del primer electrodo 42 unas sobre otras de manera que toda la capa adhesiva 422, toda la capa 424 de electrodo, toda la capa 428 de barrera, y toda la capa adaptadora 426 tengan un espesor uniforme. En este caso, el espesor uniforme puede suponer un espesor que pueda determinarse como uniforme teniendo en cuenta, por ejemplo, un error determinado durante el proceso (p. ej., un espesor que tenga una diferencia del 10 %).

Con referencia nuevamente a la FIG. 2, el primer electrodo 42 puede tener una anchura W2 mayor que la anchura W1 de la abertura 402. Esto sirve para reducir la resistencia del primer electrodo 42 proporcionando al primer electrodo 42 la anchura suficiente W2 (la mayor anchura entre las anchuras de las respectivas partes constituyentes del primer electrodo 42). Por ejemplo, la anchura W1 de la abertura 402 puede estar comprendida entre $10\ \mu\text{m}$ a $50\ \mu\text{m}$, y la anchura W2 del primer electrodo 42 puede estar comprendida entre $200\ \mu\text{m}$ a $250\ \mu\text{m}$. Cuando la anchura W1 de la abertura 402 es inferior a $10\ \mu\text{m}$, el primer electrodo 42 y la primera área conductora 32 pueden no quedar conectados uniformemente entre sí. Cuando la anchura W1 de la abertura 402 excede $50\ \mu\text{m}$, existe una alta posibilidad de dañar la primera área conductora 32 durante la formación de la abertura 402. Cuando la anchura W2 del primer electrodo 42 es inferior a $200\ \mu\text{m}$, el primer electrodo 42 puede presentar una resistencia insuficiente. Cuando la anchura W2 del primer electrodo 42 supera los $250\ \mu\text{m}$, el primer electrodo 42 puede causar innecesariamente p. ej. un cortocircuito con el segundo electrodo 44 adyacente al mismo. Sin embargo, el presente concepto inventivo no se limita a esto, y la anchura W1 de la abertura 402 y la anchura W2 del primer electrodo 42 pueden tener diversos otros valores.

En consecuencia, el primer electrodo 42 (más particularmente, la capa adhesiva 422) se puede formar sobre la superficie inferior de la abertura 402 (es decir, la superficie en contacto con la capa semiconductor 30 o las áreas conductoras 32 y 34), la superficie lateral de la película 40 de pasivación adyacente a la abertura 402, y una porción de la película 40 de pasivación adyacente a la abertura 402. En particular, la capa adhesiva 422 puede disponerse para que entre en contacto con la superficie inferior de la abertura 402 (es decir, la superficie en contacto con la capa semiconductor 30), la superficie lateral de la película 40 de pasivación adyacente a la abertura 402, y una porción de la película 40 de pasivación adyacente a la abertura 402. Basándose en el hecho de que el primer electrodo 42 se forma sobre la superficie lateral de la película 40 de pasivación adyacente a la abertura 402, y sobre la película 40 de pasivación adyacente a la abertura 402, se puede apreciar que los electrodos 42 y 44 se crean formando las capas de metal, que constituyen los electrodos 42 y 44, sobre toda la película 40 de pasivación, y a continuación modelando las capas de metal.

Asimismo, en un ejemplo, puede emplazarse un rebaje (o muesca) R en al menos una porción de la superficie lateral del primer electrodo 42 (más particularmente, la superficie lateral de una porción dispuesta sobre la película 40 de pasivación). Las razones para formar el rebaje R son diversas. En un ejemplo, en el que el rebaje R tiene la forma ilustrada en la FIG. 2, el motivo para formar el mismo es que, cuando se modelan el primer y segundo electrodos 42 y 44 mediante pulverización, por ejemplo, se graba más una porción cercana al lugar en el que se efectúa la pulverización (es decir, una porción situada hacia la capa adhesiva 422), y se graba menos una porción alejada del lugar en el que se efectúa la pulverización (es decir, una porción situada hacia la capa adaptadora 426).

Con más precisión, en la presente realización, el rebaje R puede ubicarse en la superficie lateral de la capa 424 de electrodo del primer electrodo 42. Esto se debe a que el rebaje R no se forma bien, o se forma un rebaje R que tiene una anchura pequeña, en la capa adhesiva 422, la capa 428 de barrera y la capa adaptadora 426, que tienen una excelente resistencia a los ácidos, mientras que la solución de grabado puede formar el rebaje R fácilmente en la capa 424 de electrodo, que tiene una resistencia a los ácidos relativamente baja. En consecuencia, al menos una porción de la capa 424 de electrodo puede tener una anchura W21 (es decir, la anchura más pequeña entre las anchuras de las partes constituyentes del primer electrodo 42), que es menor que la anchura W2 del primer electrodo 42 (por ejemplo, la anchura de la capa adhesiva 422 o la capa adaptadora 426). El dibujo ilustra un ejemplo en el que una porción de la capa 424 de electrodo, que se encuentra adyacente a la capa 428 de barrera, tiene un espesor igual a la anchura de la capa 428 de barrera, pero la porción restante de la capa 424 de electrodo se reduce gradualmente al acercarse a la capa adhesiva 422.

Sin embargo, la presente invención no está limitada a esto. Por ejemplo, como se ilustra en la FIG. 3, la anchura del rebaje R formado en la capa 424 de electrodo puede aumentarse gradualmente al disminuir la distancia a la capa adhesiva 422 y la capa 428 de barrera, y puede reducirse gradualmente al aumentar la distancia desde la capa adhesiva 422 y la capa 428 de barrera. En consecuencia, el rebaje R puede tener una forma tal que su anchura se reduzca y luego aumente gradualmente al aumentar la distancia desde la capa adhesiva 422 y al disminuir la distancia a la capa 428 de barrera. Asimismo, el rebaje R puede proporcionar una forma redondeada a la superficie lateral de la capa 424 de electrodo. El rebaje R que tiene la forma descrita anteriormente se puede formar mediante grabado en húmedo usando, por ejemplo, inmersión. Esto se debe a que una porción de la capa 424 de electrodo, que está adyacente a la capa adhesiva 422, la capa 428 de barrera y la capa adaptadora 426 por las que el grabado no progresa bien, queda menos grabada, y una porción interna de la capa 424 de electrodo, que no es adyacente a las capas

anteriormente mencionadas, se puede grabar fácilmente. La forma de la capa 424 de electrodo, que es atribuible al rebaje R, puede alterarse de diversas maneras.

Con referencia nuevamente a la FIG. 2, en un ejemplo, la anchura W22 del rebaje R (o la diferencia entre la anchura W2 de la capa adhesiva 422 o la capa adaptadora 426 y la menor anchura W21 de la capa del electrodo 424 en un lado del primer electrodo 42) puede estar comprendida entre $1\ \mu\text{m}$ a $10\ \mu\text{m}$. Esto se limita al intervalo que puede resultar del grabado húmedo. Sin embargo, el presente concepto inventivo no se limita a esto, y la anchura W22 del rebaje R puede tener diversos valores.

Se puede apreciar por la presencia del rebaje R que los electrodos 42 y 44 se forman formando capas de metal, que constituyen los electrodos 42 y 44, sobre toda la película 40 de pasivación, y modelando las capas de metal mediante grabado.

Como se ha descrito anteriormente, en la presente realización, el primer electrodo 42 se puede formar sin galvanoplastia. Cuando se forma una porción del primer electrodo 42 mediante galvanoplastia, a veces se metalizan porciones no deseadas cuando hay presentes defectos, tales como poros y arañazos, en la película 40 de pasivación. Asimismo, dado que la solución de galvanoplastia es ácida o alcalina, puede dañar la película 40 de pasivación o puede deteriorar las propiedades de la película 40 de pasivación. En la presente realización, al omitirse la galvanoplastia, pueden mejorarse las propiedades de la película 40 de pasivación y el primer electrodo 42 puede formarse mediante un proceso simplificado. Sin embargo, el presente concepto inventivo no se limita a esto, y la capa adhesiva 422, la capa 424 de electrodo y la capa adaptadora 426 pueden formarse y modelarse mediante diversos métodos.

Asimismo, dado que entre la capa 424 de electrodo y la capa adaptadora 426 se proporciona la capa 428 de barrera, es posible evitar problemas causados por cualquier reacción entre la capa 424 de electrodo y la capa adaptadora 426.

En adelante en el presente documento, se describirá en detalle la forma en planta de la primera zona conductora 32, la segunda área conductora 34, el área 36 de barrera y el primer y segundo electrodos 42 y 44, con referencia a la FIG. 4.

Haciendo referencia a las FIGS. 2 y 4, en la presente realización, la primera área conductora 32 y la segunda área conductora 34 se extienden a lo largo para tener respectivamente forma de tira, y están dispuestas alternativamente en la dirección que atraviesa su dirección longitudinal. El área 36 de barrera puede ubicarse entre la primera área conductora 32 y la segunda área conductora 34, de modo que la primera y segunda áreas conductoras 32 y 34 queden separadas entre sí por el área 36 de barrera. Aunque no se ilustra en los dibujos, una pluralidad de primeras áreas conductoras 32, que están separadas unas de otras, pueden conectarse entre sí en un borde, y una pluralidad de segundas áreas conductoras 34, que están separadas unas de otras, pueden conectarse entre sí en el otro borde. Sin embargo, la presente invención no está limitada a esto.

En este momento, el área de la primera área conductora 32 puede ser mayor que el área de la segunda área conductora 34. En un ejemplo, las áreas de la primera área conductora 32 y la segunda área conductora 34 pueden ajustarse proporcionando diferentes anchuras a la primera área conductora 32 y la segunda área conductora 34. Es decir, la anchura W3 de la primera área conductora 32 puede ser mayor que la anchura W4 de la segunda área conductora 34.

Asimismo, el primer electrodo 42 puede tener forma de tira para corresponder a la primera área conductora 32, y el segundo electrodo 44 puede tener forma de tira para corresponder a la segunda área conductora 34. Las respectivas aberturas (véanse los números de referencia 402 y 404 en la FIG. 1) pueden formarse a todo lo largo del primer y segundo electrodos 42 y 44 para que se correspondan con el primer y segundo electrodos 42 y 44. De este modo, puede maximizarse el área de contacto entre el primer y segundo electrodos 42 y 44 y la primera y segunda áreas conductoras 32 y 34, lo que puede mejorar la eficiencia de recolección de los portadores. Sin embargo, la presente invención no está limitada a esto. Por supuesto, las aberturas 402 y 404 se pueden formar para conectar solo una porción del primer y segundo electrodos 42 y 44 a la primera área conductora 32 y la segunda área conductora 34, respectivamente. Por ejemplo, las aberturas 402 y 404 pueden adoptar la forma de una pluralidad de orificios de contacto. Asimismo, aunque no se ilustra en los dibujos, una pluralidad de primeros electrodos 42 pueden conectarse entre sí en un borde, y una pluralidad de segundos electrodos 44 pueden conectarse entre sí en el otro borde. Sin embargo, la presente invención no está limitada a esto.

Asimismo, la forma de la primera y segunda áreas conductoras 32 y 34, y la disposición o forma de la primera y segunda aberturas 402 y 404, no se limitan a la descripción anterior. Por ejemplo, la segunda área conductora 34 puede incluir una pluralidad de islas espaciadas entre sí, y la primera área conductora 32 puede formarse integrando la porción restante excluyendo la segunda área conductora 34. La primera y segunda aberturas 402 y 404 pueden tener una forma y una disposición adecuadas para la conexión con la primera y segunda áreas conductoras 32 y 34, respectivamente. Son posibles diversas otras alteraciones.

Con referencia nuevamente a la FIG. 2, la película 24 de pasivación de superficie frontal y/o la película antirreflectante

26 pueden disponerse sobre la superficie frontal del sustrato semiconductor 10 (más exactamente, sobre el área 130 de campo de superficie frontal formada en la superficie frontal del sustrato semiconductor 10). En algunas realizaciones, puede formarse solo la película 24 de pasivación de superficie frontal sobre el sustrato semiconductor 10, puede formarse solo la película antirreflectante 26 sobre el sustrato semiconductor 10, o pueden disponerse en secuencia la película 24 de pasivación de superficie frontal y la película antirreflectante 26 sobre el sustrato semiconductor 10. En la FIG. 2 se observa que la película 24 de pasivación de superficie frontal y la película antirreflectante 26 se forman sobre el sustrato semiconductor 10 en secuencia, de manera que el sustrato semiconductor 10 queda en contacto con la película 24 de pasivación de superficie frontal. Sin embargo, el presente concepto inventivo no se limita a esto, y el sustrato semiconductor 10 puede entrar en contacto con la película antirreflectante 26, y son posibles otras diversas alteraciones.

La película 24 de pasivación de superficie frontal y la película antirreflectante 26 pueden formarse sustancialmente sobre toda la superficie del sustrato semiconductor 10. En este caso, la expresión "la película se forma sobre todo el sustrato" incluye no solo el caso en el que la película se forma físicamente sobre el sustrato completo, sino también el caso en el que la película se forma inevitablemente sobre todo el sustrato excluyendo una porción del mismo.

La película 24 de pasivación de superficie frontal entra en contacto con la superficie frontal del sustrato semiconductor 10 para pasivizar los defectos presentes en la superficie frontal o en la mayor parte del sustrato semiconductor 10. Como tal, es posible aumentar la tensión de circuito abierto de la célula solar 150 eliminando los sitios de recombinación de portadores minoritarios. La película antirreflectante 26 reduce la reflectancia de la luz que se introduce en la superficie frontal del sustrato semiconductor 10. Esto puede aumentar la cantidad de luz que alcanza la unión pn formada en la interfaz del área 110 de base y la primera área conductora 32. De este modo, puede incrementarse la corriente I_{sc} de cortocircuito de la célula solar 150. En conclusión, la película 24 de pasivación de superficie frontal y la película antirreflectante 26 pueden aumentar la tensión de circuito abierto y la corriente de cortocircuito de la célula solar 150, mejorando así la eficiencia de la célula solar 150.

La película 24 de pasivación de superficie frontal y/o la película antirreflectante 26 pueden formarse con diversos materiales. En un ejemplo, la película 24 de pasivación de superficie frontal y/o la película antirreflectante 26 pueden incluir una sola película o múltiples películas en forma de una combinación de dos o más películas, seleccionadas 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 nitruro de óxido de silicio, una película de carburo de silicio, Al_2O_3 , MgF_2 , ZnS , TiO_2 y CeO_2 . En un ejemplo, la película 24 de pasivación de superficie frontal puede ser una película de óxido de silicio formada sobre el sustrato semiconductor 10, y la película antirreflectante 26 puede adoptar la forma de una pila en la que se apilen una película de nitruro de silicio y una película de carburo de silicio una encima de otra, en secuencia.

Cuando entra luz en la célula solar 150 de acuerdo con la presente realización, se generan huecos y electrones debido a la conversión fotoeléctrica en la unión pn formada entre el área 110 de base y la primera área conductora 32. Los huecos y electrones generados se desplazan hacia la primera área conductora 32 y la segunda área conductora 34 pasando a través de la capa 20 de tunelización y, a continuación, se mueven hacia el primer y segundo electrodos 42 y 44. Esto da como resultado la generación de electricidad.

En la célula solar 150 del tipo de contacto trasero de acuerdo con la presente realización, en la que los electrodos 42 y 44 se forman sobre la superficie trasera del sustrato semiconductor 10 pero no se forman sobre la superficie frontal del sustrato semiconductor 10, es posible minimizar la pérdida por sombreado en la superficie frontal del sustrato semiconductor 10. Esto puede mejorar la eficiencia de la célula solar 150. Sin embargo, la presente invención no está limitada a esto.

Asimismo, dado que la primera y segunda áreas conductoras 32 y 34 se forman sobre el sustrato semiconductor 10 con la capa 20 de tunelización interpuesta entre las mismas, la primera y segunda áreas conductoras 32 y 34 pueden formar una capa separada del sustrato semiconductor 10. De este modo, puede minimizarse la pérdida causada por la recombinación en comparación con el caso en el que se utiliza como área conductora un área dopada, que se forma dopando el sustrato semiconductor 10 con un dopante.

La capa 248 de barrera se proporciona entre la capa 424 de electrodo y la capa adaptadora 426, para evitar problemas causados por cualquier posible reacción entre la capa 424 de electrodo y la capa adaptadora 426. Esto se describirá a continuación en detalle con referencia a las FIGS. 6 a 8.

La FIG. 6 es una fotografía que ilustra la sección transversal del primer electrodo 42 en la célula solar 150 de acuerdo con un ejemplo del presente concepto inventivo, la FIG. 7 es una fotografía que ilustra la sección transversal de un electrodo de una célula solar de acuerdo con un ejemplo comparativo, y la FIG. 8 es un gráfico que ilustra los resultados de medir la resistencia de los electrodos de las células solares de acuerdo con el ejemplo del presente concepto inventivo y el ejemplo comparativo, antes y después del recocido.

Por ejemplo, si la capa 424 de electrodo incluye aluminio y la capa adaptadora 426 incluye una aleación de níquel-vanadio, como se ilustra en la FIG. 6, puede apreciarse que no se forma ningún producto (por ejemplo, un compuesto

intermetálico) entre la capa 424 de electrodo y la capa adaptadora 426 cuando se proporciona la capa 428 de barrera entre la capa 424 de electrodo y la capa adaptadora 426, como en el presente ejemplo. Por otro lado, en un ejemplo comparativo en el que no se proporciona una capa de barrera, como se ilustra en la FIG. 7, puede apreciarse que se forma un compuesto intermetálico grueso entre la capa 424 de electrodo y la capa adaptadora 426 debido a una reacción entre el aluminio de la capa 424 de electrodo y el níquel de la capa adaptadora 426. La formación del compuesto intermetálico puede aumentar mucho la resistencia del primer y segundo electrodos 42 y 44, provocando así el deterioro de las propiedades eléctricas del primer y segundo electrodos 42 y 44. Aunque se ha descrito el caso en el que la capa 424 de electrodo incluye aluminio y la capa adaptadora 426 incluye níquel a modo de ejemplo, la presente invención no está limitada a esto.

Asimismo, como se ilustra en la FIG. 8, puede apreciarse que el electrodo de la célula solar de acuerdo con el ejemplo tiene una resistencia similar antes y después del recocido, mientras que el electrodo de la célula solar de acuerdo con el ejemplo comparativo tiene una resistencia mucho mayor tras el recocido en comparación con antes del recocido. En la célula solar de acuerdo con el ejemplo comparativo, se supone que la diferencia de resistencia antes y después del recocido se debe a que se forma el compuesto intermetálico debido a una reacción entre el material de la capa del electrodo y el material de la capa adaptadora.

Asimismo, la capa adaptadora 426 y la cinta 142 del presente ejemplo pueden tener una adherencia excelente, mientras que la capa adaptadora 426 y la cinta 142 del ejemplo comparativo pueden no tener una adherencia excelente. Es decir, en el presente ejemplo, la capa 428 de barrera puede evitar que el material constituyente de la capa 424 de electrodo se difunda hacia el interior o la superficie de la capa adaptadora 426, proporcionando así a la capa adaptadora 426 una excelente adherencia inherente con la cinta 142. Por otro lado, en el ejemplo comparativo, el material de la capa 424 de electrodo puede difundirse hacia el interior o la superficie de la capa adaptadora 426, provocando así el deterioro de las propiedades de la capa adaptadora 426. Por ejemplo, dado que el material de soldadura (por ejemplo, pasta de soldadura) que se utiliza en la unión de la cinta 142 tiene una propiedad principalmente hidrofóbica, cuando, por ejemplo, el aluminio de la capa 424 de electrodo se difunde al interior de la capa adaptadora 426 como en el ejemplo comparativo, puede formarse un óxido de aluminio hidrofílico, provocando el deterioro de la humectabilidad del material de soldadura de la cinta 142 en la capa adaptadora 426. De este modo, la adherencia entre la capa adaptadora 426 y la cinta 142 puede verse muy deteriorada.

Como se ha descrito anteriormente, en el presente ejemplo, la capa 428 de barrera puede evitar problemas causados por una reacción entre la capa 424 de electrodo y la capa adaptadora 426, proporcionando así al primer y segundo electrodos 42 y 44 una baja resistencia y una excelente unión con la cinta 142. De este modo, se puede mejorar la eficiencia de la célula solar 150 y se puede aumentar la producción del panel 100 de células solares. Asimismo, mediante la capa adhesiva 422 pueden mejorarse aún más diversas propiedades del primer y segundo electrodos 42 y 44.

En adelante en el presente documento, Se describirán en detalle células solares de acuerdo con otras realizaciones del presente concepto inventivo. Se omitirá una descripción detallada de las partes que sean iguales o extremadamente similares a las de la descripción anterior, y solo se describirán en detalle las partes que sean diferentes.

La FIG. 9 es una vista en sección que ilustra una célula solar de acuerdo con otra realización del presente concepto inventivo.

Con referencia a la FIG. 9, la célula solar 150 de acuerdo con la presente realización no incluye capa de tunelización (ver el número de referencia 20 en la FIG. 2), y la primera y segunda áreas conductoras 32 y 34 están configuradas como áreas dopadas dentro del sustrato semiconductor 10. Es decir, cada una de la primera y segunda áreas conductoras 32 y 34 está configurada como un área dopada, que se forma dopando el sustrato semiconductor 10 con un primer o segundo dopante conductor a una concentración de dopaje relativamente alta. Como tal, la primera y segunda áreas conductoras 32 y 34 incluyen unos primeros o segundos semiconductores conductores cristalinos (monocristalinos o policristalinos) para constituir el sustrato semiconductor 10. En un ejemplo, cada una de la primera y segunda áreas conductoras 32 y 34 puede configurarse como una porción de un sustrato semiconductor monocristalino (por ejemplo, un sustrato de oblea de silicio monocristalino) de un primer o segundo tipo de conductor.

La capa adhesiva (véase el número de referencia 422 en la FIG. 2) del primer electrodo 42 se forma en contacto con el sustrato semiconductor 10 (o con la primera área conductora 32 que constituye una porción del sustrato semiconductor 10), y la capa adhesiva 422 del segundo electrodo 44 se forma en contacto con el sustrato semiconductor 10 (o con la segunda área conductora 34 constituye una porción del sustrato semiconductor 10). En la descripción anterior, la única diferencia es que la capa adhesiva 422 del primer y segundo electrodos 42 y 44 entra en contacto con el sustrato semiconductor 10, y no con la capa semiconductor 30, y, por lo tanto, se omitirá una descripción detallada de la misma.

Como se desprende de la descripción anterior, una célula solar de acuerdo con el presente concepto inventivo puede evitar cualquier problema causado por una reacción entre una capa de electrodo y una capa adaptadora debido a una capa de barrera, logrando de este modo un electrodo con baja resistencia y una excelente adherencia con una cinta.

De este modo, es posible mejorar la eficiencia de la célula solar y aumentar la producción de un panel de células solares.

Asimismo, pueden mejorarse adicionalmente diversas propiedades del electrodo mediante una capa adhesiva.

5

REIVINDICACIONES

1. Una célula solar, que comprende:

- 5 un sustrato semiconductor (10);
un área conductora, que incluye áreas emisoras (32) y áreas de campo de superficie trasera (34), dispuestas sobre la superficie trasera del sustrato semiconductor (10); y
un electrodo, que incluye un primer electrodo (42) conectado al área emisora (32), y un segundo electrodo (44), conectado al área de campo de superficie trasera (34),
10 en donde el electrodo incluye una capa adhesiva (422), dispuesta directamente sobre las áreas emisoras (32) y directamente sobre las áreas de campo de la superficie trasera (34), una capa de electrodo (424), dispuesta directamente sobre la capa adhesiva (422), y que incluye un metal como componente principal, una capa de barrera (428), dispuesta directamente sobre la capa de electrodo (424), y que incluye como componente principal un metal que es diferente al metal de la capa de electrodo (424), y una capa adaptadora (426), dispuesta directamente sobre la capa de barrera (428) y conectada a una cinta (142),
15 en donde la capa de electrodo (424) tiene un espesor mayor que el espesor de cada una de la capa adhesiva (422) y la capa de barrera (428),
en donde la capa de barrera (428) tiene un punto de fusión más alto que el punto de fusión de la capa de electrodo (424),
20 en donde la capa adhesiva (422) tiene un coeficiente de expansión térmica entre un coeficiente de expansión térmica del sustrato semiconductor (10) o el área conductora y un coeficiente de expansión térmica de una porción de la capa de electrodo (424), que es adyacente a la capa adhesiva,
en donde la capa de barrera (428) incluye titanio (Ti), molibdeno (Mo), cromo (Cr) o tungsteno (W) como componente principal,
25 en donde la capa de relleno (426) incluye al menos uno de estaño y una aleación de níquel-vanadio (NiV) como componente principal.
- 30 2. La célula solar de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la capa de barrera (428) tiene un coeficiente de expansión térmica menor que el coeficiente de expansión térmica de la capa de electrodo (424).
3. La célula solar de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 y 2, en la que la capa de barrera (428) tiene un espesor mayor que el espesor de la capa adhesiva (422).
- 35 4. La célula solar de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en la que la capa de barrera (428) tiene una resistencia específica igual o menor que la resistencia específica de la capa adhesiva (422).
5. La célula solar de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en la que la capa de barrera (428) tiene una transmitancia de luz menor que la transmitancia de luz de la capa adhesiva (422).
- 40 6. La célula solar de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en la que la capa adhesiva (422) incluye titanio (Ti), molibdeno (Mo), cromo (Cr) o tungsteno (W) como componente principal.
7. La célula solar de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en la que la capa adhesiva (422) tiene un espesor de 50 nm o menos.
- 45 8. La célula solar de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en la que la capa adhesiva (422) y la capa de barrera (428), dispuestas en superficies opuestas de la capa de electrodo, están formadas por el mismo material.
- 50 9. La célula solar de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en la que la capa de electrodo incluye al menos uno de cobre (Cu), aluminio (Al), plata (Ag), oro (Au) y sus aleaciones como componente principal.

FIG. 1

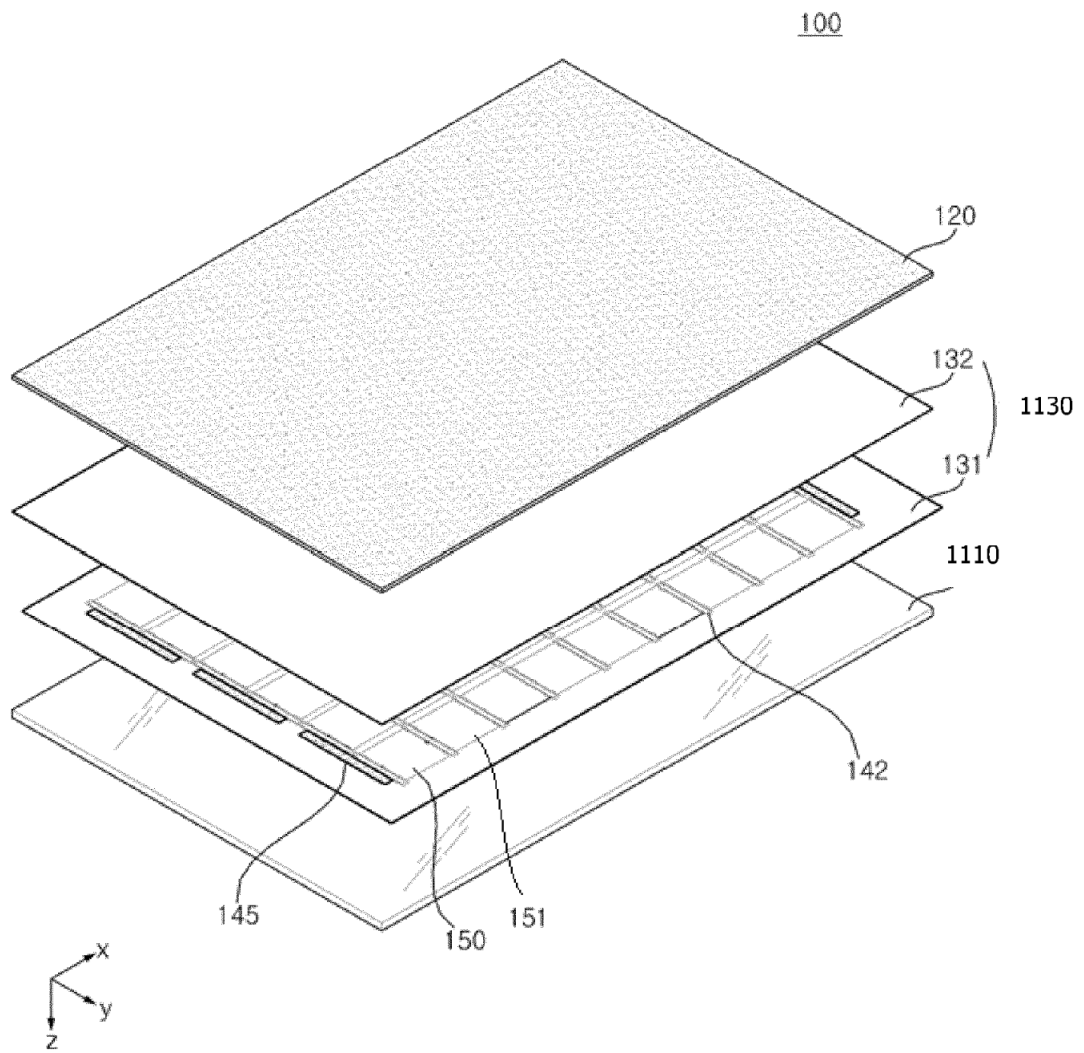


FIG. 2

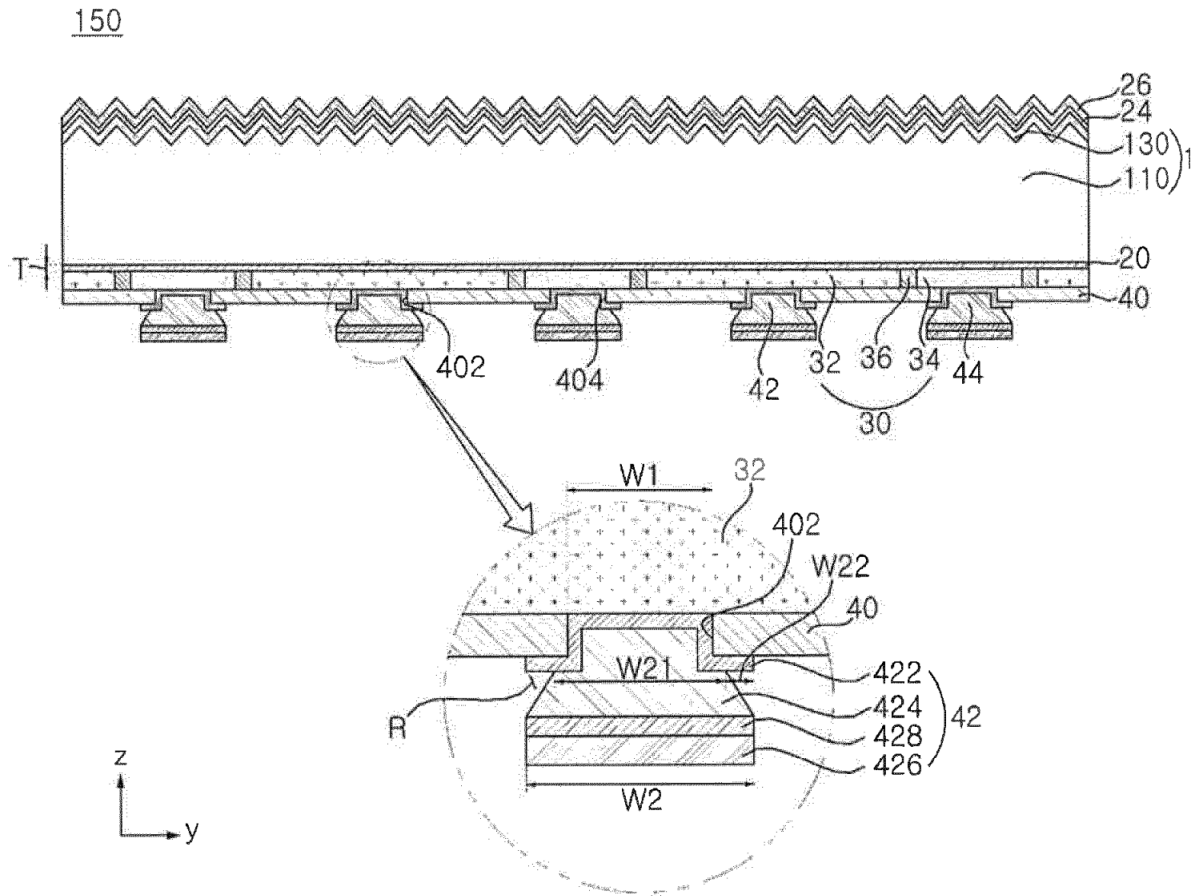


FIG. 3

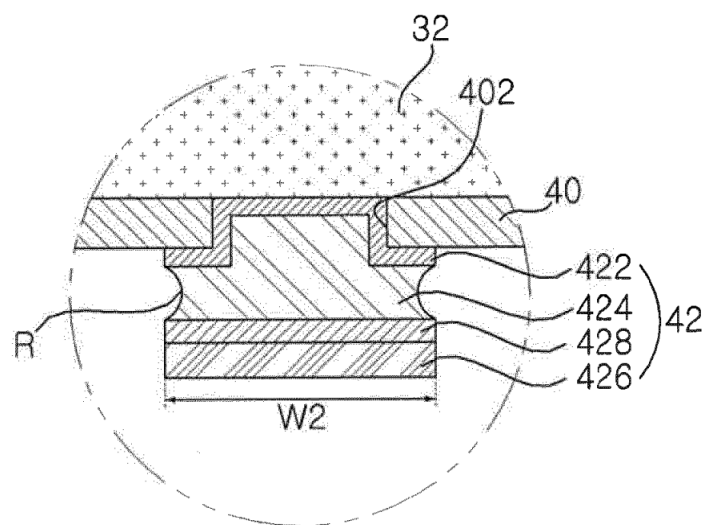


FIG. 4

150

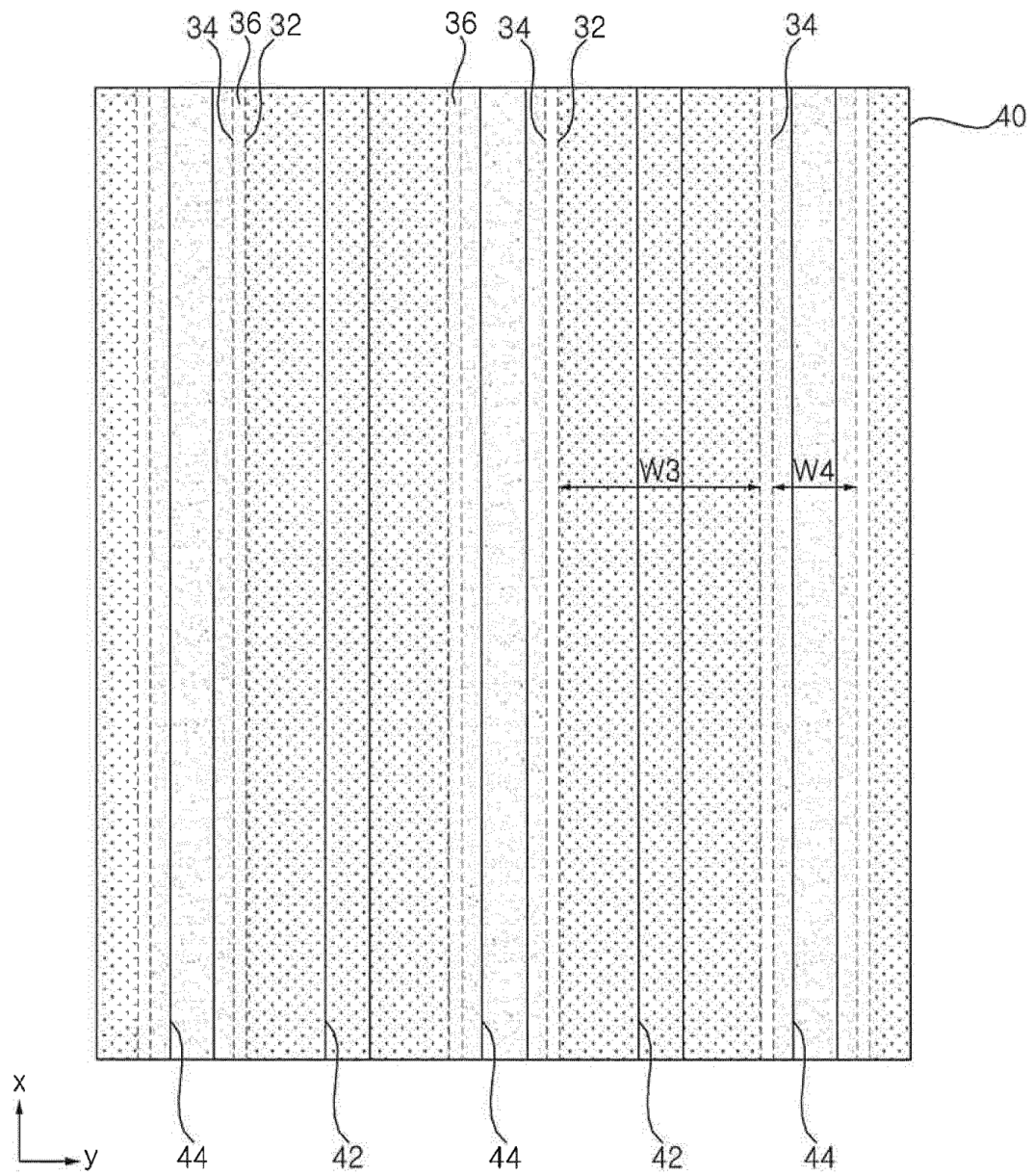
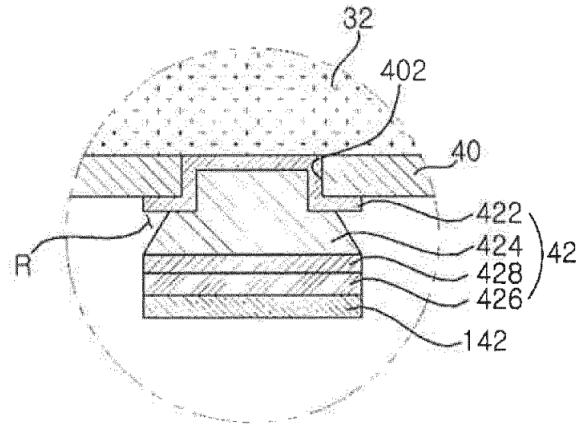
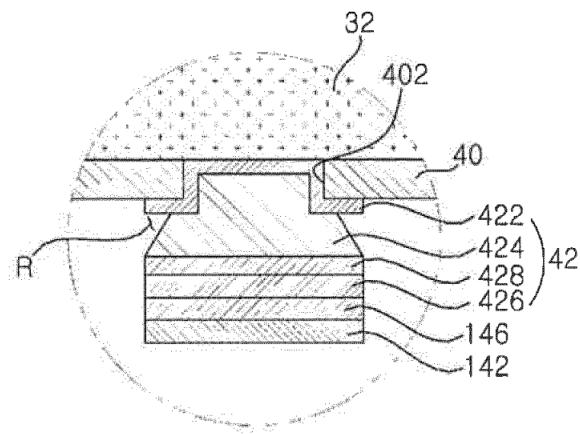


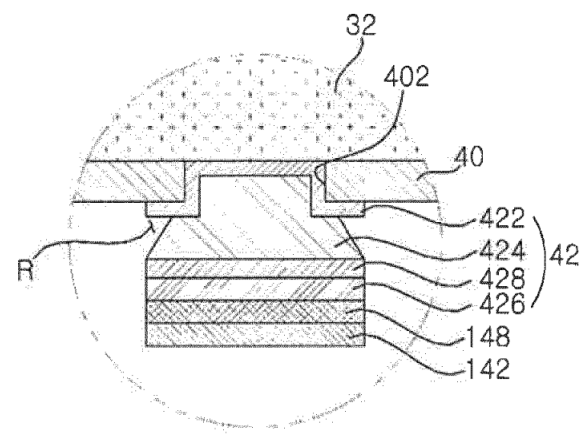
FIG. 5



(a)



(b)



(c)

FIG. 6

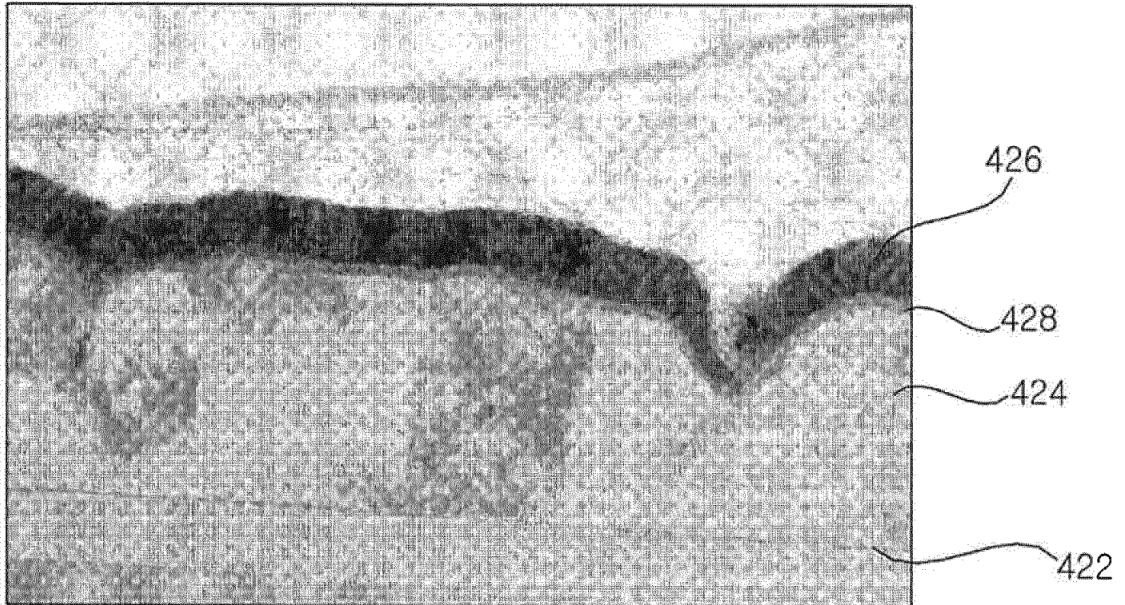


FIG. 7

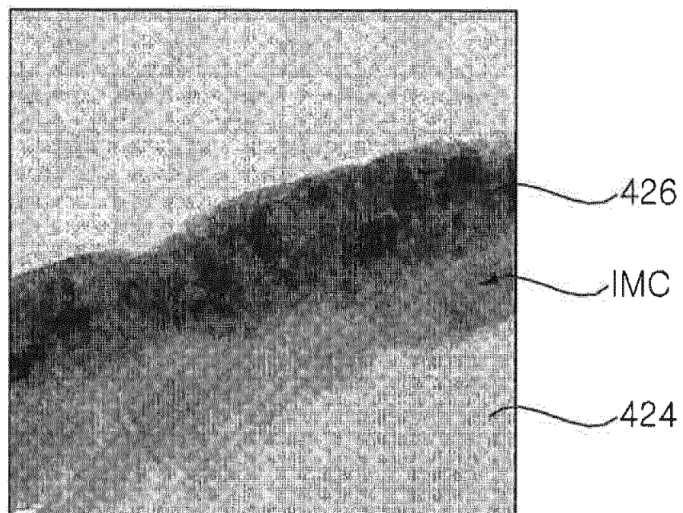


FIG. 8

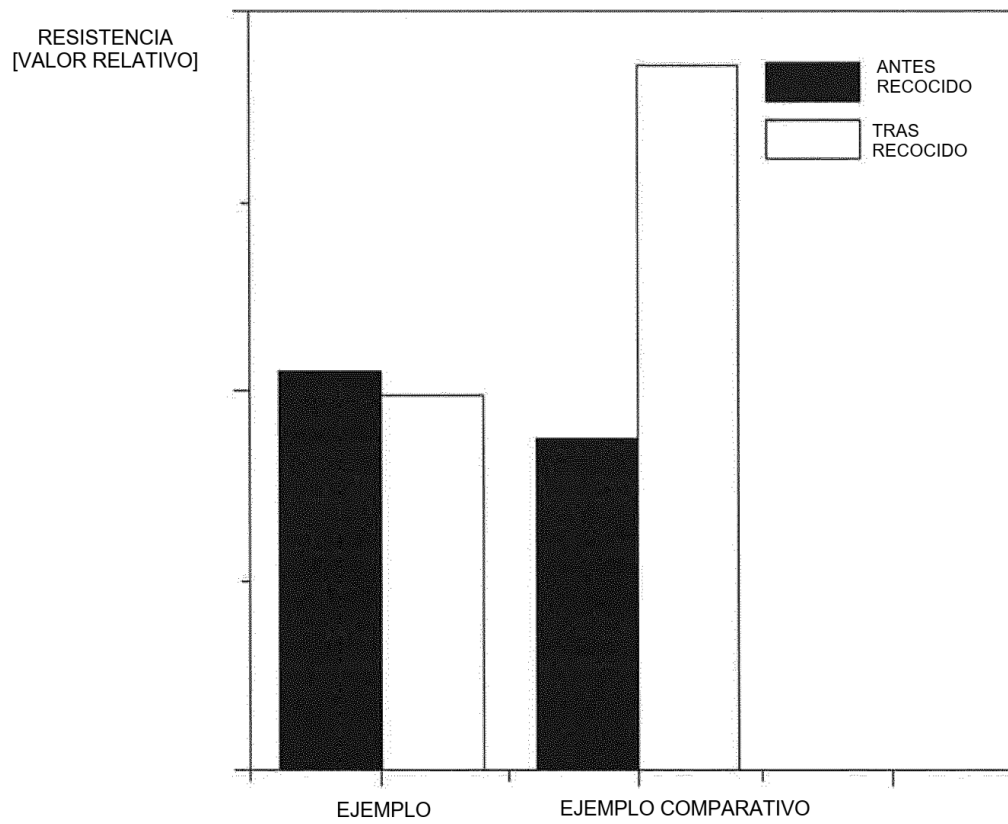


FIG. 9

