

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 767 530**

51 Int. Cl.:

**H01L 31/0224** (2006.01)

**H01L 31/068** (2012.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.07.2015 PCT/JP2015/003326**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.04.2016 WO16051628**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.07.2015 E 15846154 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.12.2019 EP 3203530**

54 Título: **Célula solar y método de producción de la misma**

30 Prioridad:

**30.09.2014 JP 2014201269**

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

**17.06.2020**

73 Titular/es:

**SHIN-ETSU CHEMICAL CO., LTD. (100.0%)  
6-1, Ohtemachi 2-chome Chiyoda-ku  
Tokyo 100-0004 , JP**

72 Inventor/es:

**MATSUO, YOKO;  
WATABE, TAKENORI y  
OTSUKA, HIROYUKI**

74 Agente/Representante:

**ARIAS SANZ, Juan**

ES 2 767 530 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 y método de producción de la misma

**5 Campo técnico**

La presente invención se refiere a una célula solar y un método de producción de la misma.

**10 Antecedentes de la técnica**

15 Una anterior célula solar de tipo de electrodo de superficie posterior se muestra de manera esquemática en la figura 14 como una vista en sección transversal. La célula solar de tipo de electrodo de superficie posterior 210 producida por una técnica anterior se describirá haciendo referencia a la figura 14. En el lado superficie de recepción de luz de un sustrato de silicio tipo N 213, se forman una forma rugosa 214 y una capa de FSF (campo de superficie delantera) 215, que es una capa de difusión tipo N. En la forma rugosa 214, desde el lado de la capa de difusión tipo N 213 se forman una capa de pasivación dieléctrica (una capa de pasivación de superficie) 217 que contiene dióxido de silicio y una película antirreflectante 216 que contiene nitruro de silicio.

20 En el lado posterior del sustrato de silicio tipo N 213, se forman alternativamente capas de difusión tipo N dopadas con tipo N 220 y capas de difusión tipo P dopadas con tipo P 221. Además, en el lado posterior del sustrato de silicio tipo N 213, se forma una capa de óxido (la primera película de pasivación posterior) 219. En la capa de difusión tipo N 220, se forma un electrodo de contacto tipo N 211; y en la capa de difusión tipo P 221, se forma un electrodo de contacto tipo P 212. Estos electrodos de contacto, que se unen directamente al propio sustrato, también pueden funcionar como electrodos de dedo para recoger corriente.

25 La figura 15 es una vista superior que muestra de manera esquemática la aparición del lado posterior de la célula anterior solar de tipo de electrodo de superficie posterior. Como se muestra en la figura 15, la célula solar de tipo de electrodo de superficie posterior está dotada de un par de electrodos de barra de conexión (un electrodo de barra de conexión tipo N 222, un electrodo de barra de conexión tipo P 223) en el borde del sustrato para recoger corriente de los electrodos de dedo (el electrodo de contacto tipo N 211, o el electrodo de contacto tipo P 212). Aunque los electrodos más cercanos a la periferia del sustrato se representan como electrodos de contacto tipo N en la figura 15, pueden ser electrodos de contacto tipo P o electrodos metálicos de diferente tipo, siendo cada uno tipo P y tipo N.

30 Para mejorar la eficiencia de la célula solar de tipo de electrodo de superficie posterior, puede esperarse que la ampliación total de la capa de difusión tipo P, que es una capa de generación de potencia, aumente la corriente de cortocircuito. Por consiguiente, es deseable formar ampliamente la región de la capa de difusión tipo P, como la proporción de área de la capa de difusión tipo P y la capa de difusión tipo N en un intervalo de 80:20 a 90:10. Cuando el área de contacto entre el sustrato y los electrodos de contacto (más adelante en el presente documento, también denominada área de contacto) se disminuye tanto como sea posible, y las regiones de pasivación se amplían, puede esperarse un aumento de tensión de circuito abierto. Por consiguiente, es deseable diseñar la región de contacto lo más pequeña posible haciendo los electrodos de contacto con formas de línea delgada o formas de punto.

35 El documento de patente 1 da a conocer una célula solar de tipo de electrodo de superficie posterior en la que el área de contacto de los electrodos y el sustrato se suprime al mínimo posible, y las regiones de pasivación se amplían en tres etapas de formación de electrodos de contacto, cubriendo la parte distinta de los electrodos de contacto con una película aislante, y formando un electrodo de cableado.

40 La figura 17 es una vista superior que muestra de manera esquemática la aparición del lado posterior de la anterior célula solar de tipo de electrodo de superficie posterior dado a conocer en el documento de patente 1. En la célula solar del documento de patente 1, sin embargo, solamente se forman un par de electrodos de barra de conexión (un electrodo de barra de conexión tipo N 222, un electrodo de barra de conexión tipo P 223) en la periferia del sustrato (véase la figura 17). En esta disposición, los electrodos de dedo son largos, y por consiguiente la resistencia de cableado se vuelve extremadamente grande, lo que provoca la disminución de un factor de llenado. Esta resistencia de cableado se vuelve mayor en proporción a la longitud del cableado. Se considera que esto puede resolverse diseñando los electrodos de cableado (electrodos de dedo) para que tengan una sección transversal ampliada o para que tenga el dedo una longitud acortada.

**Lista de documentos citados****60 Bibliografía de patente**

Documento de patente 1: Patente japonesa n.º 5317209

65 El documento DE 10 2007 003682 A1 se refiere a una célula solar que comprende un sustrato semiconductor y electrodos.

**Sumario de la invención**

**Problema técnico**

5 Como se describió anteriormente, se ha solicitado que una célula solar pueda tener una sección transversal ampliada de los electrodos de dedo y una longitud acortada de los electrodos de dedo al tiempo que tenga un área de contacto reducida. Por consiguiente, se ha investigado para hacer que la estructura de electrodos de una célula solar de tipo de electrodo de superficie posterior sea una estructura tridimensional, etc. La estructura tridimensional anterior formada en la estructura de electrodos, sin embargo, tiende a disminuir la resistencia en paralelo.

10 La presente invención se logró en vista de los problemas descritos anteriormente. Es un objeto de la presente invención proporcionar una célula solar con una amplia región de pasivación, baja resistencia de cableado, alta resistencia en paralelo y alta eficiencia de conversión; y proporcionar un método de producción de una célula solar que pueda producir una célula solar de este tipo a bajo coste.

15 **Solución al problema**

Para resolver los problemas descritos anteriormente, la presente invención proporciona una célula solar (110) que comprende:

20 un sustrato semiconductor (113) de un primer tipo de conductividad en el que una de las superficies principales es una superficie de recepción de luz, la otra superficie principal es un lado posterior y el lado posterior del sustrato semiconductor tiene una región del primer tipo de conductividad y una región de un segundo tipo de conductividad, siendo un tipo de conductividad opuesto al primer tipo de conductividad;

25 incluyendo un primer electrodo de dedo: una primera parte de contacto (126) unida a la región (120) del primer tipo de conductividad; y un primer colector de corriente (135), estando formada al menos una parte del primer colector de corriente sobre la primera parte de contacto;

30 incluyendo un segundo electrodo de dedo: una segunda parte de contacto (127) unida a la región (121) del segundo tipo de conductividad; y un segundo colector de corriente (136), estando formada al menos una parte del segundo colector de corriente sobre la segunda parte de contacto;

estando un primer electrodo de barra de conexión (137) en contacto eléctrico con el primer colector de corriente;

35 estando un segundo electrodo de barra de conexión (138) en contacto eléctrico con el segundo colector de corriente; y

40 una película aislante (124, 125) dispuesta al menos en el área completa justo debajo del primer electrodo de barra de conexión y el segundo electrodo de barra de conexión;

45 donde el contacto eléctrico entre el primer colector de corriente (135) y el primer electrodo de barra de conexión (137), así como el contacto eléctrico entre el segundo colector de corriente (136) y el segundo electrodo de barra de conexión (138) se realizan sobre la película aislante; y

la primera parte de contacto (126) y la segunda parte de contacto (127) son cada una en forma de línea continua al menos justo debajo de la película aislante.

50 En una célula solar de este tipo, es posible aumentar el número de los electrodos de barra de conexión, acortar la longitud de los electrodos de dedo y recoger corriente de los electrodos de dedo en ambos lados de los electrodos de barra de conexión instalando una película aislante y formando una estructura tridimensional de electrodos de barra de conexión y electrodos de dedo. Como resultado, es posible disminuir la resistencia de cableado y aumentar el factor de llenado. Además de la película aislante, por la que los electrodos de barra de conexión y los electrodos de dedo para diferentes tipos de conductividad no estarán en contacto entre sí, los electrodos de barra de conexión no están en contacto con el sustrato directamente, lo que hace que la célula solar sea difícil de derivar. La región que tiene los electrodos de barra de conexión formados es plana, y es difícil generar sangrado de ese modo en la formación de los electrodos de barra de conexión. Como resultado, la célula solar puede tener una alta resistencia en paralelo. Además, las partes de contacto son cada una en forma de línea continua justo debajo de la película aislante y, por consiguiente, es posible formar una estructura tridimensional de electrodos de barra de conexión y electrodos de dedo sin aumentar el número de etapas en la producción.

65 Debe señalarse que la derivación referida en el presente documento significa una disminución de la resistencia en paralelo. Esto se provoca probablemente por una conexión entre el electrodo de dedo tipo P y el electrodo de dedo tipo N (es decir, cortocircuito) a través del electrodo de barra de conexión o la capa de difusión que tiene el mismo tipo de conductividad (la capa de difusión tipo N o la capa de difusión tipo P). El término "derivar" significa formar un estado de este tipo.

5 Como se describió anteriormente, incluso al reducir la parte de contacto para ampliar las regiones de pasivación tanto como sea posible, la presencia del colector de corriente hace posible ampliar la sección transversal de los electrodos de dedo y disminuir la resistencia de cableado. Una célula solar de este tipo puede ser una célula solar de bajo coste con baja resistencia de cableado y alta eficiencia de conversión.

10 Por otro lado, el electrodo de barra de conexión se refiere a un electrodo para recogida de corriente que está en conexión eléctrica con un colector de corriente de un electrodo de dedo. El electrodo de barra de conexión está generalmente formado en una posición que casi interseca con el electrodo de dedo en ángulos rectos.

15 Es preferible que el primer electrodo de barra de conexión y el segundo electrodo de barra de conexión sean cada uno en forma de línea continua, y la película aislante sea en forma de línea continua.

Una célula solar de este tipo puede hacer que un módulo sea de mayor fiabilidad.

20 También es preferible que el número total del primer electrodo de barra de conexión y el segundo electrodo de barra de conexión sea 4 o más y 10 o menos.

25 Una célula solar de este tipo puede disminuir además la resistencia de cableado del electrodo de dedo sin aumentar el grosor del electrodo de dedo. Por ejemplo, en comparación con un caso en el que el número total de los electrodos de barra de conexión es 2, la resistencia de cableado puede reducirse a una sexta parte cuando el número total es 6, y a una décima parte cuando el número total es 10.

30 También es preferible que la película aislante esté compuesta por un material que contiene una o más resinas seleccionadas del grupo que consiste en resinas de silicona, resinas de poliimida, resinas de poliamida-imida, fluororresinas fenólicas, resinas de melamina, resinas de urea, poliuretanos, resinas epoxídicas, resinas acrílicas, resinas de poliéster y resinas poval.

35 Las películas aislantes compuestas por tal material tienen una excelente resistividad térmica. Por consiguiente, estas películas aislantes son preferibles cuando el tratamiento térmico se realiza en la formación de un electrodo.

También es preferible que la película aislante tenga un grosor de 1 a 60  $\mu\text{m}$ .

40 En una célula solar de este tipo, la propiedad de aislamiento puede mejorarse más. También es posible producir una célula solar deseada a menor coste dado que no se forma la película aislante excesivamente.

45 También es preferible que el primer colector de corriente, el segundo colector de corriente, el primer electrodo de barra de conexión y el segundo electrodo de barra de conexión estén cada uno compuestos por un material que contiene una o más clases de materiales conductores seleccionados del grupo que consiste en Ag, Cu, Au, Al, Zn, In, Sn, Bi y Pb, y una o más clases de resinas seleccionadas del grupo que consiste en resinas epoxídicas, resinas acrílicas, resinas de poliéster, resinas fenólicas y resinas de silicona.

50 Cuando la célula solar está compuesta por un material de electrodo de este tipo, este material de electrodo no se une directamente a un sustrato semiconductor como un sustrato de silicio en calentamiento para formar un electrodo, y, por consiguiente, puede suprimirse un aumento del área de contacto.

55 La presente invención también proporcionar un método para la producción de una célula solar que incluye un sustrato semiconductor de un primer tipo de conductividad en el que una de las superficies principales del sustrato semiconductor es una superficie de recepción de luz, la otra superficie principal es un lado posterior y el lado posterior del sustrato semiconductor tiene una región del primer tipo de conductividad y una región de un segundo tipo de conductividad, siendo un tipo de conductividad opuesto al primer tipo de conductividad; comprendiendo las etapas de:

formar la región del primer tipo de conductividad y la región del segundo tipo de conductividad en el lado posterior;

60 formar una primera parte de contacto unida a la región del primer tipo de conductividad y una segunda parte de contacto unida a la región del segundo tipo de conductividad de manera que cada una de las mismas tiene una forma de línea continua al menos en una parte de la misma;

formar una película aislante que cubra la parte superior y la parte lateral de la parte que tiene una forma de línea continua en la primera parte de contacto y la segunda parte de contacto;

formar un primer electrodo de barra de conexión y un segundo electrodo de barra de conexión solo sobre la película aislante;

65 formar un primer colector de corriente que está en contacto eléctrico con el primer electrodo de barra de conexión en la primera parte de contacto;

y formar un segundo colector de corriente que está en contacto eléctrico con el segundo electrodo de barra de conexión sobre la segunda parte de contacto.

5 Un método de este tipo para producir una célula solar puede producir una célula solar de tipo de electrodo de superficie posterior con una amplia región de pasivación, baja resistencia de cableado, alta resistencia en paralelo y alta eficiencia de conversión a bajo coste y con alta productividad.

10 Debe señalarse que la parte de contacto se define como un electrodo que está en contacto con el sustrato semiconductor, en particular la región del primer tipo de conductividad y la región del segundo tipo de conductividad en esta descripción. El colector de corriente se define como un electrodo que conecta el electrodo de barra de conexión y la parte de contacto. El colector de corriente y la parte de contacto se denominan genéricamente electrodo de dedo. El colector de corriente también puede denominarse "parte de línea".

15 Es preferible que la etapa para formar un primer electrodo de barra de conexión y un segundo electrodo de barra de conexión y la etapa para formar un primer colector de corriente y un segundo colector de corriente se realicen simultáneamente.

20 Esto puede reducir además el número de etapas y puede producir una célula solar con mayor eficiencia de conversión a menor coste.

### **Efectos ventajosos de la invención**

25 En la célula solar inventiva, es posible aumentar el número de electrodos de barra de conexión, acortar la longitud de los electrodos de dedo y recoger corriente de los electrodos de dedo a ambos lados de los electrodos de barra de conexión mediante la instalación de películas aislantes y la formación de una estructura tridimensional de electrodos de barra de conexión y electrodos de dedo. Como resultado, es posible disminuir la resistencia de cableado y aumentar el factor de llenado. Además, es posible aumentar la sección transversal del electrodo de dedo para disminuir la resistencia de cableado al tiempo que disminuye el área de contacto formando los colectores de corriente sobre la parte de contacto, y mejorar así la tensión de circuito abierto. Además, dado que los electrodos de barra de conexión no están en contacto con el sustrato directamente, la célula solar no se derivará. Además, es posible suprimir el sangrado en la formación de los electrodos de barra de conexión aplanando el área para formar el electrodo de barra de conexión, y mejorar de ese modo el rendimiento. Además, el método inventivo de producción una célula solar puede producir una célula solar de este tipo sin aumentar las etapas de producción.

35

### **Breve descripción de los dibujos**

La figura 1 es una vista esquemática superior que muestra un ejemplo de la célula solar inventiva;

40 la figura 2 es una vista ampliada que muestra una parte ampliada de la célula solar inventiva;

la figura 3 es una vista esquemática en sección transversal que muestra una parte ampliada de la célula solar inventiva;

45 la figura 4 es una vista esquemática en sección transversal que muestra una parte ampliada de la célula solar inventiva;

la figura 5 es una vista esquemática en sección transversal que muestra una parte ampliada de la célula solar inventiva;

la figura 6 es un diagrama de flujo que muestra un ejemplo del método inventivo de producción de una célula solar;

50 la figura 7 es una vista superior que muestra las etapas de formación de electrodos de la célula solar inventiva;

la figura 8 es una vista esquemática superior que muestra un ejemplo de la célula solar inventiva;

55 la figura 9 es una vista esquemática superior que muestra un ejemplo de la célula solar investigada por los presentes inventores;

la figura 10 es una vista esquemática en sección transversal que muestra una parte ampliada de la célula solar investigada por los presentes inventores;

60 la figura 11 es una vista esquemática en sección transversal que muestra una parte ampliada de la célula solar investigada por los presentes inventores;

65 la figura 12 es una vista superior que muestra las etapas de formación de electrodos de la célula solar investigada por los presentes inventores;

la figura 13 es una vista esquemática superior de un lado posterior que muestra un ejemplo de un fallo generado en

la célula solar investigada por los presentes inventores;

la figura 14 es una vista en sección transversal de manera esquemática que muestra una anterior célula solar de tipo de electrodo de superficie posterior;

5 la figura 15 es una vista superior que muestra de manera esquemática la apariencia del lado posterior de una anterior célula solar de electrodo de tipo de superficie posterior;

10 la figura 16 es una vista superior que muestra las etapas de formación de electrodos de la célula solar investigada por los presentes inventores;

la figura 17 es una vista superior que muestra de manera esquemática la aparición del lado posterior de una célula anterior solar de electrodo tipo de superficie posterior dados a conocer en el documento de patente 1;

15 la figura 18 es una vista ampliada que muestra una parte ampliada de la célula solar inventiva, con respecto a la que la célula solar mostrada en la figura 2 se modifica en relación con la forma del colector de corriente;

la figura 19 es una vista ampliada que muestra una parte ampliada de la célula solar inventiva, con respecto a la que la célula solar mostrada en la figura 2 se modifica en relación con la forma del colector de corriente;

20 la figura 20 es una vista esquemática superior que muestra un ejemplo de la célula solar inventiva, con respecto a la que la célula solar mostrada en la figura 8 se modifica en relación con la forma del colector de corriente; y

25 la figura 21 es una vista esquemática superior que muestra un ejemplo de la célula solar inventiva, con respecto a la que se muestra la célula solar en la figura 8 se modifica en relación con la forma del colector de corriente.

### Descripción de realizaciones

30 Como se describió anteriormente, se ha demandado proporcionar una célula solar con una amplia región de pasivación, baja resistencia de cableado, alta resistencia en paralelo y alta eficiencia de conversión. También se ha demandado proporcionar un método de producción de una célula solar que pueda producir una célula solar con una amplia región de pasivación, baja resistencia de cableado, alta resistencia en paralelo y alta eficiencia de conversión a bajo coste.

35 Los inventores han investigado para obtener una célula solar que satisfaga tales demandas. En primer lugar, se investigó una célula solar dotada de electrodos de barra de conexión dispuestos más en el interior que los anteriores, una(s) película(s) aislante(s) dispuesta(s) para no conectar los electrodos de dedo y los electrodos de barra de conexión para diferentes tipos de conductividad, y electrodos de dedo compuestos por partes de contacto y colectores de corriente que forman una estructura tridimensional con los electrodos de barra de conexión. Un ejemplo de una

40 célula solar de este tipo se muestra en las figuras 9 a 11. La figura 9 es una vista esquemática superior que muestra un ejemplo de la célula solar investigada por los presentes inventores. Las figuras 10 y 11 son vistas esquemáticas en sección transversal que muestran cada una una parte ampliada de la célula solar investigada por los presentes inventores. Por otro lado, la figura 10 es una vista esquemática en sección transversal tomada a lo largo de la línea 1-1' de la célula solar mostrada en la figura 9. La figura 11 es una vista esquemática en sección transversal tomada a lo

45 largo de la línea 2-2' de la célula solar mostrada en la figura 9.

En la célula solar 110 mostrada en la figura 9, la resistencia de cableado se reduce al proporcionar varios primeros electrodos de barra de conexión 137 y segundos electrodos de barra de conexión 138, junto con el acortamiento de la longitud de los electrodos de dedo tanto como sea posible. En esta célula solar, las películas aislantes 124 y 125 se proporcionan solo en regiones en las que los electrodos de dedo y los electrodos de barra de conexión para diferentes tipos de conductividad intersecan entre sí (más adelante en el presente documento, denominada región aislante) con el fin de proporcionar varios electrodos de barra de conexión. Esto hace que se forme fácilmente la estructura tridimensional. En esta célula solar, las formas de la primera parte de contacto 126 y la segunda parte de contacto 127 pueden ser formas de punto, etc. excepto justo debajo de las películas aislantes, y puede disminuir el área de contacto de ese modo.

60 Como se muestra en las figuras 10 y 11, la primera parte de contacto 126 se une a la región 120 del primer tipo de conductividad formado en el lado posterior del sustrato semiconductor 113 que tiene el primer tipo de conductividad, y se forma el primer colector de corriente 135 sobre la misma como se muestra en la figura 9. Por otra parte, la segunda parte de contacto 127 se une a la región 121 del segundo tipo de conductividad, y el segundo colector de corriente 136 se forma sobre la misma como se muestra en la figura 9. El primer colector de corriente 135 está en contacto eléctrico con el primer electrodo de barra de conexión 137, y el segundo colector de corriente 136 está en contacto eléctrico con el segundo electrodo de barra de conexión 138. Las demás estructuras son básicamente las mismas que en la célula solar mostrada en la figura 14. En el lado superficie de recepción de luz, se disponen la forma rugosa 114, la capa de FSF 115 y la película antirreflectante 116; y en el lado posterior, se disponen la primera película de pasivación de lado posterior 119 y la segunda película de pasivación de lado posterior 118.

A continuación, en el presente documento, el método de producción de una célula solar en el que los electrodos de barra de conexión y los electrodos de dedo forman una estructura tridimensional se describirá con referencia a las figuras 12 y 16. Cada una de las figuras 12 y 16 es una vista superior que muestra las etapas de formación de electrodos de la célula solar investigada por los presentes inventores.

En el método mostrado en la figura 16, los electrodos de contacto 128 se forman de manera discontinua cada uno en forma de punto (figura 16 (1)), otros electrodos de cableado 129 se forman para conectar estos electrodos (figura 16 (2)), se disponen películas aislantes 125' solo en las regiones de aislamiento (figura 16 (3)), y electrodos de barra de conexión 130 (figura 16 (4)). Este caso necesita la etapa de formar los electrodos de cableado 129 como se describió anteriormente, lo que aumenta las etapas para aumentar el coste.

En el método mostrado en la figura 12, se forman primeras partes de contacto 126 y segundas partes de contacto 127 (figura 12 (1)), se forman películas aislantes 124 y 125 solo en las regiones de aislamiento (figura 12 (2)), y posteriormente, pueden formarse segundos colectores de corriente 136 y primeros colectores de corriente 135 simultáneamente con la formación de los primeros electrodos de barra de conexión 137 y los segundos electrodos de barra de conexión 138 (figura 12 (3)). Esto puede aumentar la sección transversal del electrodo del dedo sin aumentar el número de etapas en comparación con el método mostrado en la figura 16, y de ese modo puede disminuir la resistencia de cableado.

En la célula solar mostrada en la figura 9, las películas aislantes 124 y 125 se forman parcialmente solo en las regiones de aislamiento. Como resultado, partes que tienen las películas aislantes formadas sobre las mismas y partes sin la película aislante están contenidas en el punto donde se formarán electrodos de barra de conexión. En este caso, los electrodos de barra de conexión tienen un área grande para estar en contacto con el sustrato directamente, y son susceptibles de derivación. Además, la película aislante generalmente tiene un grosor de 1 a 60  $\mu\text{m}$ . Por consiguiente, cuando se intenta formar el electrodo de barra de conexión sobre la película aislante, la cantidad de descarga se vuelve desigual para generar sangrado como se muestra en partes con líneas discontinuas en la figura 13. En el presente documento, la figura 13 es una vista esquemática superior de un lado posterior que muestra un ejemplo de un fallo generado en la célula solar investigada por los presentes inventores. Este provoca que un electrodo de dedo tipo P esté en contacto con un electrodo de barra de conexión tipo N, por ejemplo, para disminuir la resistencia en paralelo de la célula solar, y para disminuir de ese modo en gran medida la eficiencia de conversión.

Los presentes inventores han investigado además para resolver el tema mencionado anteriormente. Como resultado, se encontró que el tema anterior puede resolverse mediante una célula solar dotada de una(s) película(s) aislante(s) en el área completa justo debajo de los electrodos de barra de conexión en los que los electrodos de barra de conexión y los electrodos de dedo forman una estructura tridimensional; completando de ese modo la célula solar inventiva. También se encontró que el tema mencionado anteriormente puede resolverse mediante un método de producción de una célula solar en el que los electrodos de barra de conexión se forman únicamente sobre la(s) película(s) aislante(s) y los electrodos de barra de conexión y los electrodos de dedo forman una estructura tridimensional; completando de ese modo el método inventivo de producción de una célula solar.

A continuación, en el presente documento, la célula solar inventiva se describirá específicamente haciendo referencia a figuras, pero la presente invención no se limita a las mismas. Debe señalarse que la siguiente explicación describe principalmente un caso en el que el sustrato semiconductor de un primer tipo de conductividad es un sustrato de silicio tipo N (es decir, el primer tipo de conductividad es un tipo N, y el segundo tipo de conductividad es un tipo P). Sin embargo, incluso cuando el sustrato semiconductor del primer tipo de conductividad es un sustrato de silicio tipo P, la presente invención puede aplicarse de manera similar usando una fuente de impurezas como boro, fósforo, etc. inversamente.

[Célula solar (célula solar de tipo de electrodo de superficie posterior)]

La figura 1 es una vista esquemática superior que muestra un ejemplo de la célula solar inventiva. La figura 2 es una vista aumentada que muestra una parte ampliada de la célula solar inventiva. Las figuras 3 a 5 son vistas esquemáticas en sección transversal que muestran cada una una parte ampliada de la célula solar inventiva. Por otro lado, la figura 3 es una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea a-a' de la célula solar mostrada en la figura 1; la figura 4 es una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea b-b' de la célula solar mostrada en la figura 1; y la figura 5 es una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea c-c' de la célula solar mostrada en la figura 1.

Como se muestra en la figura 1, la célula solar inventiva 10 está dotada del sustrato semiconductor 13 de un primer tipo de conductividad en el que una de las superficies principales es una superficie de recepción de luz, la otra superficie principal es un lado posterior. Como se muestra en las figuras 3 a 5, la célula solar 10 es una célula solar en la que el lado posterior de este sustrato semiconductor tiene la región 20 del primer tipo de conductividad (capa de difusión tipo N) y una región 21 de un segundo tipo de conductividad (capa de difusión tipo P), que tiene un tipo de conductividad opuesto al primer tipo de conductividad, denominado célula solar de tipo de electrodo de superficie posterior.

Como se muestra en las figuras 2 a 5, la célula solar 10 está además dotada de un(os) primer(os) electrodo(s) de dedo compuesto(s) por la primera parte de contacto 26 unida a la región 20 del primer tipo de conductividad y el primer colector de corriente 35 formado sobre la primera parte de contacto 26. También está dotada de un(os) segundo(s) electrodo(s) de dedo compuesto(s) por la segunda parte de contacto 27 unida a la región 21 del segundo tipo de conductividad y el segundo colector de corriente 36 formado sobre la segunda parte de contacto 27. Además, también se proporcionó el primer electrodo de barra de conexión 37 que está en contacto eléctrico con el primer colector de corriente 35; y el segundo electrodo de barra de conexión 38 que está en contacto eléctrico con el segundo colector de corriente 36.

Como se describió anteriormente, el primer colector de corriente 35 y el segundo colector de corriente 36 se unen a la primera parte de contacto 26 y la segunda parte de contacto 27 respectivamente, que pueden recoger corriente de las partes de contacto a los electrodos de barra de conexión.

En esta célula solar 10, como se muestra en las figuras 3 a 5, es posible formar una forma rugosa 14 y una capa de FSF (capa de difusión tipo N) 15 sobre el lado de superficie de recepción de luz del sustrato semiconductor 13 de un primer tipo de conductividad. Sobre la forma resistente 14, es posible formar una película antirreflectante 16 que contiene nitruro de silicio, etc. Una capa de pasivación dieléctrica (no mostrada en las figuras) puede formarse entre la capa de FSF 15 y la película antirreflectante 16.

Sobre el lado posterior del sustrato semiconductor 13 de un primer tipo de conductividad, puede formarse una capa de óxido (una primera película de pasivación de lado posterior) 19. También es posible formar una segunda película de pasivación de lado posterior 18 sobre la capa de óxido 19. Es preferible que cada uno de la superficie de recepción de luz y el lado posterior se cubra con una capa protectora (una película de pasivación). La película de pasivación está preferiblemente compuesta por uno o más materiales seleccionados de una película de óxido de silicio, una película de nitruro de silicio y una película de óxido de aluminio.

Como se muestra en la figura 2, la célula solar 10 está dotada de películas aislantes 24 y 25 al menos en el área completa justo debajo del primer electrodo de barra de conexión 37 y el segundo electrodo de barra de conexión 38. Sobre la película aislante 24, el primer colector de corriente 35 y el primer electrodo de barra de conexión 37 están en contacto eléctrico entre sí. Sobre la película aislante 25, el segundo colector de corriente 36 y el segundo electrodo de barra de conexión 38 están en contacto eléctrico entre sí.

Cada una de las películas aislantes 24 y 25 está generalmente formada con un grosor que puede cubrir la parte superior y la parte lateral de la primera parte de contacto 26 y la segunda parte de contacto 27 sobre las partes de contacto justo debajo del primer electrodo de barra de conexión 37 y el segundo electrodo de barra de conexión 38.

En la célula solar 10, como se muestra en las figuras 2 a 5, la primera parte de contacto 26 y la segunda parte de contacto 27 son cada una en forma de línea continua al menos justo debajo de las películas aislantes 24 y 25. Como se muestra en la figura 5, el electrodo de barra de conexión y el electrodo de dedo para diferentes tipos de conductividad pueden unirse físicamente a través de las películas aislantes 24 y 25 en la célula solar 10. Es decir, un electrodo de barra de conexión y un colector de corriente para diferentes tipos de conductividad no están unidos eléctricamente (están separados). Por otro lado, en una región donde el electrodo de barra de conexión y el electrodo de dedo para el mismo tipo de conductividad intersecan entre sí (parte más cercana), las películas aislantes 24 y 25 se intercalan entre la parte de contacto y el colector de corriente como se muestra en la figura 5. Es decir, un electrodo de barra de conexión y un colector de corriente para el mismo tipo de conductividad se unen eléctricamente sobre una película aislante. Por otro lado, 37 (35) en la figura 5 indica una parte donde se superponen el primer electrodo de barra de conexión 37 y el primer colector de corriente 35 (unidos eléctricamente).

En una célula solar de este tipo, es posible formar una estructura tridimensional del/de los electrodo(s) de barra de conexión y del/de los electrodo(s) de dedo instalando la(s) película(s) aislante(s). Esto hace posible aumentar el número de electrodos de barra de conexión y acortar la longitud de los electrodos de dedo. Dado que el electrodo de barra de conexión no estará en contacto con el sustrato de silicio, la célula solar no genera derivación. Al formar la(s) película(s) aislante(s) en el área completa justo debajo de los electrodos de barra de conexión, es posible aislar el/los electrodo(s) de dedo con respecto del/de los segundo(s) electrodo(s) de barra de conexión de forma más segura, y aislar el/los segundo(s) electrodo(s) de dedo con respecto al/a los electrodo(s) de barra de conexión de forma más segura sin generar fallo de proceso en la formación de los electrodos de barra de conexión. Esto puede proporcionar una célula solar con alta resistencia en paralelo y alta eficiencia de conversión. En la célula solar inventiva, la parte de contacto unida directamente al propio sustrato se forma en una forma de línea continua justo debajo de la película aislante. Por consiguiente, es posible reducir una etapa para conectar las partes de contacto entre sí como se muestra en la figura 16 (2), y producir una célula solar de bajo coste en alto rendimiento.

A continuación en el presente documento, cada componente de la célula solar inventiva se describirá más específicamente.

[Sustrato semiconductor de primer tipo de conductividad]

El sustrato semiconductor que puede utilizarse en la presente invención no está particularmente limitado. Por ejemplo, puede utilizarse un sustrato de silicio tipo N. En este caso, el grosor del sustrato puede ser un grosor de 100 a 200  $\mu\text{m}$ , por ejemplo. La forma y el área de la superficie principal del sustrato no están particularmente limitadas.

[Parte de contacto]

Como material para la primera parte de contacto y la segunda parte de contacto, es posible utilizar una pasta fluida en la que polvo de plata y frita de vidrio se mezclan con un aglomerante orgánico (a continuación, en el presente documento, denominado pasta sinterizada), por ejemplo.

Como se describió anteriormente, la parte de contacto directamente unida al propio sustrato debe formarse en una forma de línea continua justo debajo de la película aislante, pero en la otra parte, la forma de la parte de contacto no está particularmente limitada. Por ejemplo, es preferible que la parte de contacto tenga una forma de punto, una forma de línea o una combinación de las mismas en una parte donde no se forma la película aislante. Por ejemplo, si la forma de la parte de contacto en la parte está en forma de punto, el área de contacto puede hacerse más pequeña. Esto hace posible ampliar la región de pasivación y aumentar de ese modo la tensión de circuito abierto.

También es preferible que la anchura y la longitud de la película aislante formada justo debajo del electrodo de barra de conexión sean mayores que las del electrodo de barra de conexión. Este diseño hace posible separar suficientemente el primer electrodo de barra de conexión y la segunda parte de contacto, y separar suficientemente el segundo electrodo de barra de conexión y la primera parte de contacto. Un diseño de este tipo también permite que la película aislante cubra suficientemente el flanco de la parte de contacto. Por consiguiente, es posible lograr de forma segura el aislamiento entre electrodos para diferentes tipos de conductividad.

[Película aislante]

La película aislante se forma al menos en el área completa justo debajo de los electrodos de barra de conexión. El número y la forma de la película aislante no están particularmente limitados. Como se muestra en la figura 1, la película aislante está preferiblemente en una forma de línea continua. Como otro ejemplo de la forma de la película aislante, puede mencionarse la forma mostrada en la figura 8. En el presente documento, la figura 8 es una vista esquemática superior que muestra un ejemplo de la célula solar inventiva. La figura 8 muestra una realización en la que se forma en gran medida la película aislante 25', y se integran y se forman la película aislante 24 (la película aislante justo debajo del primer electrodo de barra de conexión 37) y la película aislante 25 (la película aislante justo debajo del segundo electrodo de barra de conexión 38) en la figura 1. Con la condición de que una parte de la película aislante 25' se abra como se muestra en la figura 8 con el fin de hacer que la estructura de electrodo sea una estructura tridimensional y llevar el electrodo de barra de conexión y el electrodo de dedo para que el mismo tipo de conductividad esté en contacto entre sí. Cuando la película aislante está en una forma mostrada en la figura 8, la(s) parte(s) de contacto y la otra(s) parte(s) tienen la misma altura, y, por consiguiente, puede evitarse el desplazamiento en la siguiente etapa de formar un(os) colector(es) de corriente mediante impresión. La película aislante que se muestra en la figura 1 y la figura 8 evita que el electrodo de barra de conexión esté en contacto directamente con el sustrato, y disminuye la rugosidad en una región donde se forma el electrodo de barra de conexión para evitar la derivación debida a generación de sangrado en la formación del electrodo de barra de conexión.

Debe señalarse que la película aislante se forma generalmente para cubrir la parte lateral y la parte superior de la parte de contacto justo debajo de los electrodos de barra de conexión. La película aislante tiene preferiblemente una anchura y una longitud mayor que las del electrodo de barra de conexión.

El grosor de la película aislante es preferiblemente de 1 a 60  $\mu\text{m}$ , más preferiblemente de 5 a 40  $\mu\text{m}$ , y de manera particularmente preferible de 10 a 30  $\mu\text{m}$ . Un grosor de este tipo hace posible mejorar además la propiedad de aislamiento. No forma exceso de película aislante, y, por consiguiente, es posible producir una célula solar deseable a menor coste.

Esta película aislante está preferiblemente compuesta por un material (a continuación, en el presente documento, descrito como material aislante) que al menos contiene una o más resinas seleccionadas del grupo que consiste en resinas de silicona, resinas de poliimida, resinas de poliamida-imida, fluororresinas, resinas fenólicas, resinas de melamina, resinas de urea, poliuretanos, resinas epoxídicas, resinas acrílicas, resinas de poliéster y resinas poval. Particularmente, cuando un tratamiento térmico se realiza en la formación del colector de corriente y el electrodo de barra de conexión, es deseable seleccionar una resina resistente al calor. Por ejemplo, el enlace de siloxano, que es una cadena principal de una resina de silicona, tiene una gran energía de enlace y es estable, teniendo de ese modo resistencia al calor superior y a la intemperie en comparación con materiales poliméricos orgánicos con una cadena principal compuesta por una estructura principal de carbono. Otras resinas se vuelven materiales con alta resistencia al calor mediante la introducción de un anillo aromático en la cadena molecular.

[Colector de corriente, electrodo de barra de conexión]

El colector de corriente y el electrodo de barra de conexión están preferiblemente compuestos por un material que contiene una o más clases de materiales conductores seleccionados del grupo que consiste en Ag, Cu, Au, Al, Zn, In, Sn, Bi y Pb, y una o más clases de resinas seleccionadas del grupo que consiste en resinas epoxídicas, resinas acrílicas, resinas de poliéster, resinas fenólicas y resinas de silicona. Estas partes compuestas por un material de electrodo de este tipo no tienen que contener fritada de vidrio, y, por consiguiente, el material de electrodo no está directamente unido al sustrato semiconductor como un sustrato de silicio en calentamiento, y puede suprimirse el aumento de área de contacto.

El número del electrodo de barra de conexión no está particularmente limitado, pero es preferible que el número total sea 4 o más y 10 o menos. Esto hace posible disminuir la resistencia de cableado del electrodo de dedo, y mejorar la eficiencia de conversión. Por otro lado, la forma del electrodo de barra de conexión no está particularmente limitada. Por ejemplo, la forma del electrodo de barra de conexión puede ser una forma discontinua dividida en la dirección longitudinal del electrodo de barra de conexión. Como la forma del electrodo de barra de conexión, es preferible la forma de línea continua. Una forma de este tipo puede producirse fácilmente.

Como se muestra en la figura 1, etc., el colector de corriente y el electrodo de barra de conexión puede formarse para que intersequen en ángulo recto.

Por otro lado, el primer electrodo de dedo se forma generalmente en una dirección a lo largo de la dirección longitudinal de la región del primer tipo de conductividad. El segundo electrodo de dedo se forma generalmente en una dirección a lo largo de la dirección longitudinal de la región del segundo tipo de conductividad. En general, se forman electrodos de dedo en el número plural.

[Método para producir células solares]

La figura 6 es un diagrama de flujo que muestra un ejemplo del método inventivo para producir una célula solar. A continuación, en el presente documento, un ejemplo del método inventivo para producir una célula solar de tipo de electrodo de superficie posterior se describirá haciendo referencia a las vistas esquemáticas en sección transversal mostradas en las figuras 6 (a) a (1). Particularmente, se ejemplifica en un caso de un sustrato de silicio tipo N. A continuación, en el presente documento, la región del primer tipo de conductividad también se describe como una capa de difusión tipo N, y la región del segundo tipo de conductividad también se describe como una capa de difusión tipo P. El método descrito a continuación es un ejemplo típico, y la presente invención no se limita al mismo.

En primer lugar, se prepara el sustrato de silicio tipo N 13 con un grosor de 100 a 200  $\mu\text{m}$ , por ejemplo, como sustrato semiconductor del primer tipo de conductividad en el que una de las superficies principales pasa a ser una superficie de recepción de luz, y la otra superficie principal pasa a ser un lado posterior. Una de las superficies principales de este sustrato de silicio tipo N 13 pasa a ser una superficie de recepción de luz, y la otra superficie principal pasa a ser un lado posterior. Entonces, como se muestra en la figura 6 (a), se forma una máscara de textura 31 como película de nitruro de silicio sobre un lado posterior (a continuación en el presente documento, denominada como "lado posterior de un sustrato de silicio tipo N"), que es un lado posterior de una cara para ser una superficie de recepción de luz de este sustrato de silicio tipo N 13 (a continuación en el presente documento, denominado como "superficie de recepción de luz de un sustrato de silicio tipo N") mediante un método de CVD o un método de metalizado frío por descarga, etc.

Posteriormente, se forma una forma rugosa 14, que es una estructura de textura, sobre la superficie de recepción de luz del sustrato de silicio tipo N 13 mediante ataque químico como se muestra en la figura 6 (b). El ataque químico se realiza, por ejemplo, mediante el uso de una disolución en la que se añade alcohol isopropílico a una disolución alcalina acuosa que incluye hidróxido de sodio o hidróxido de potasio y se calienta a 60°C o más y 80°C o menos.

Entonces, la siguiente etapa se describirá mediante el uso de la figura 6 (c). Después de retirar la máscara de textura 31 formada sobre el lado posterior de sustrato de silicio tipo N 13, se forman máscaras de difusión 32 y 33 como películas de óxido de silicio sobre la superficie de recepción de luz y el lado posterior del sustrato de silicio tipo N 13 como se muestra en la figura 6 (c). A una parte donde se formará la capa de difusión tipo N, se aplica la pasta de ataque químico mediante un método de serigrafía, etc., y la misma se somete a tratamiento térmico para retirar la máscara de difusión 32 en la parte donde se formará la capa de difusión tipo N para exponer el sustrato. La pasta de ataque químico después del tratamiento de realización de patrón se somete a limpieza ultrasónica y se retira mediante tratamiento con ácido. Esta pasta de ataque químico contiene al menos un componente de ataque químico seleccionado del grupo que consiste en ácido fosfórico, fluoruro de hidrógeno, fluoruro de amonio y fluoruro de hidrógeno de amonio, y contiene agua, un disolvente orgánico y un espesante, por ejemplo. Este tratamiento puede realizarse usando un método de fotolitografía.

Después de esto, a la parte expuesta sobre el lado posterior del sustrato de silicio tipo N 13, fósforo como impureza tipo N se difunde por difusión en fase de vapor usando  $\text{PoCl}_3$  para formar una capa de difusión tipo N 20. La capa de difusión tipo N puede formarse por recubrimiento por centrifugado de una disolución, en la que la impureza tipo N, como ácido fosfórico, se disuelve en alcohol o agua, y la realización de difusión térmica.

Posteriormente, como se muestra en la figura 6 (d), se realiza el tratamiento con ácido fluorhídrico para retirar la

máscara de difusión 32 y la máscara de difusión 33 formadas sobre el sustrato de silicio tipo N 13, así como capas de vidrio formadas por difusión de fósforo en el interior de las máscaras de difusión 32 y 33, y entonces se realiza oxidación térmica en una atmósfera de oxígeno o vapor para formar una película de óxido de silicio 34.

5 A continuación, como se muestra en la figura 6 (e), a una parte donde se formará una capa de difusión tipo P sobre el lado posterior del sustrato de silicio tipo N 13, la pasta de ataque químico se aplica mediante un método de serigrafía, etc., y esta se somete a tratamiento térmico para retirar la máscara de difusión 34 en la parte donde la capa de difusión tipo P se formará para exponer el sustrato. La pasta de ataque químico después del tratamiento de realización de patrón se somete a limpieza ultrasónica y se retira mediante tratamiento con ácido. Esta pasta de ataque químico  
10 contiene al menos un componente de ataque químico seleccionado del grupo que consiste en ácido fosfórico, fluoruro de hidrógeno, fluoruro de amonio y fluoruro de hidrógeno de amonio, y contiene agua, un disolvente orgánico y un espesante, por ejemplo.

15 Como se muestra en la figura 6 (f), el lado posterior del sustrato de silicio tipo N 13 está recubierto por centrifugado con una disolución en la que una fuente de impureza tipo P, como ácido bórico, se disuelve en alcohol o agua, y después del secado, se somete a tratamiento térmico para difundir boro como una impureza tipo P en el interior la parte expuesta sobre el lado posterior del sustrato de silicio tipo N 13, formando así una capa de difusión tipo P 21. En este caso, la capa de difusión tipo P 21 también puede estar formada por un método de difusión en fase de vapor que usa  $\text{BBr}_3$ , etc.

20 Entonces, la siguiente etapa se describe usando la figura 6 (g). Como se muestra en la figura 6 (g), el tratamiento con ácido fluorhídrico se realiza para retirar la película de óxido de silicio 34 formada sobre el sustrato de silicio tipo N 13, y una capa de vidrio formada por difusión de boro en la película de óxido de silicio 34. Por consiguiente, sobre el lado posterior del sustrato de silicio tipo N 13, se forma una primera película de pasivación de lado posterior 19 que se  
25 dobla como máscara de difusión como una película de óxido de silicio mediante un método CVD o aplicando SOG (centrifugación sobre vidrio) y horneando.

30 Posteriormente, como se muestra en la figura 6 (h), sobre la superficie de recepción de luz del sustrato de silicio tipo N 13, puede formarse una capa n (capa de FSF 15), que es una capa de difusión de superficie de recepción de luz, mediante un método de recubrimiento por centrifugado de una disolución en la que impurezas tipo N como ácido fosfórico se disuelven en alcohol o agua seguido de difusión térmica, o por un método de difusión por vapor que usa  $\text{PoCl}_3$ .

35 En el lado posterior del sustrato de silicio tipo N 13, se forma una segunda película de pasivación de lado posterior 18, como una película de nitruro, por CVD o un método de pulverización como se muestra en la figura 6 (i). La película de nitruro también puede formarse en la cara frontal como una película antirreflectante 16 por CVD o un método de pulverización.

40 En la presente invención, el método para formar la región 20 del primer tipo de conductividad (capa de difusión tipo N) y la región 21 del segundo tipo de conductividad (capa de difusión tipo P) sobre el lado posterior del sustrato de silicio tipo N no se limita al método mostrado en la figura 6 (a) a (i), y puede alterarse apropiadamente.

45 Entonces, como se muestra en la figura 6 (j), se forman electrodos en la capa de difusión tipo N 20 y la capa de difusión tipo P 21 formada sobre el lado posterior del sustrato de silicio tipo N 13.

50 La figura 7 es una vista superior que muestra las etapas de formación de electrodos de la célula solar inventiva. Como se muestra en la figura 7, la primera parte de contacto 26 y la segunda parte de contacto 27 son electrodos para formar contacto con el sustrato de silicio. Cada patrón de electrodos de estas partes de contacto debe ser un patrón en forma de línea continua al menos en una región donde intersecan la parte de contacto y el electrodo de barra de conexión. En otras partes, puede ser una forma discontinua, como elipses, rectángulos y puntos, o puede ser una forma de línea. Estas formas pueden coexistir en las mismas. Al formar la parte de contacto en forma de línea en la región donde la parte de contacto y el electrodo de barra de conexión intersecan, es posible recoger corriente generada sobre la región 21 del segundo tipo de conductividad justo debajo del primer electrodo de barra de conexión 37, por ejemplo, aunque la parte de contacto tiene cualquier forma en otras regiones.

55 Es deseable que la proporción de cada área de la primera parte de contacto y la segunda parte de contacto basándose en la superficie del sustrato sea aproximadamente del 1% al 6%. Por ejemplo, cuando la distancia entre los electrodos de dedo es 1,5 mm de paso, la anchura de línea será de 14  $\mu\text{m}$  a 90  $\mu\text{m}$ . Esto se debe a que un electrodo de superficie posterior (una parte de contacto) con área de contacto más pequeña puede aumentar la región de pasivación, lo que  
60 permite aumentar la tensión de circuito abierto.

65 Esta parte de contacto puede formarse por serigrafía, por ejemplo, usando una placa de impresión que tiene una abertura con un patrón en forma de línea y así sucesivamente como se describió anteriormente. Puede formarse por otros procedimientos usando impresión por transferencia, impresión por inyección de tinta, un dispensador, un método de deposición, etc.

Un método específico para formar una parte de contacto, etc. se describirá haciendo referencia a la figura 6 (j) y la figura 7. En primer lugar, la pasta de sinterización se forma sobre la capa de difusión tipo N 20 o la capa de difusión tipo P 21 mediante el método de impresión mencionado anteriormente usando la pasta de sinterización mencionada anteriormente como materia prima de las partes de contacto. Entonces, la primera parte de contacto 26 o la segunda parte de contacto 27 puede formarse horneando esta pasta de sinterización a una temperatura de 700 a 800°C durante de 5 a 30 minutos. En esta etapa, cada una de la primera parte de contacto 26 unida a la región 20 del primer tipo de conductividad y la segunda parte de contacto 27 unida a la región 21 del segundo tipo de conductividad está formada para tener una forma de línea continua al menos una parte de la misma (figura 7 (1)). Como se describirá más adelante, en esta parte que tiene una forma de línea continua, la parte de contacto y el electrodo de barra de conexión intersecan entre sí.

Tal uso de la pasta de sinterización que contiene frita de vidrio permite que la frita de vidrio se funda en el horneado simultáneamente con la fusión de la segunda película de pasivación de lado posterior 18 y la primera película de pasivación de lado posterior 19, y por consiguiente los electrodos se adhieren al propio sustrato con el fin de unirse directamente al sustrato con la penetración de estas películas. Debe observarse que un electrodo n<sup>+</sup> y un electrodo p<sup>+</sup> (la primera parte de contacto, la segunda parte de contacto) pueden imprimirse simultáneamente y hornearse simultáneamente. También es posible realizar la impresión y el horneado de manera sucesiva.

Entonces, se describirá la formación de la película aislante. La figura 6 (k) es una vista en sección transversal de un electrodo de barra de conexión tipo P, y la figura 6 (l) es una vista en sección transversal de un electrodo de barra de conexión tipo N (un primer electrodo de barra de conexión). Estas muestran una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea a-a' y una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea b-b' de la célula solar mostrada en la figura 1, respectivamente.

Las películas aislantes 24 y 25 se forman para cubrir la parte superior y la parte lateral de la parte que tiene una forma de línea continua en la primera parte de contacto 26 y la segunda parte de contacto 27 (figura 7 (2)).

Como material para la película aislante, es posible utilizar el material mencionado anteriormente que contiene una resina como una resina de silicona (material aislante). Para formar este material sobre un sustrato de célula solar, se recomienda usar material de pasta en el que se agrega disolvente para dar fluidez (pasta aislante). Cuando tiene fluidez, puede utilizarse impresión por transferencia, serigrafía, un dispensador, etc.

Por ejemplo, para formar un patrón de películas aislantes como se muestra en la figura 7, es posible utilizar una placa de impresión que tiene una abertura con la misma forma que este patrón. Al utilizar esta placa de impresión, las películas aislantes pueden formarse mediante serigrafía para aplicar la pasta aislante en una posición prescrita sobre el sustrato de silicio tipo N 13, y realizando un tratamiento térmico a 350°C o menos durante de 5 a 30 minutos para curar la pasta aislante (figura 7 (2)). Las películas aislantes también pueden formarse en posiciones deseadas mediante un método en el que la película aislante se forma en toda la superficie y entonces se somete a tratamiento de ataque químico y tratamiento de estampación usando fotolitografía.

Entonces, se describirá un método para formar el primer electrodo de barra de conexión y el segundo electrodo de barra de conexión. Como se describió anteriormente, el método de producción mostrado en la figura 12 puede poner el electrodo de barra de conexión en contacto con el sustrato directamente para derivación, y puede provocar una generación de sangrado en la formación del electrodo de barra de conexión (figura 13) debido a la rugosidad de la superficie de sustrato provocada por la formación parcial de la película aislante, haciendo de ese modo que los electrodos para diferentes tipos de conductividad se conecten entre sí por el electrodo de barra de conexión sobresaliente de la película aislante. Estos fallos reducen la resistencia en paralelo de la célula solar para disminuir la eficiencia de conversión.

Por consiguiente, en esta etapa de la presente invención, el primer electrodo de barra de conexión 37 y el segundo electrodo de barra de conexión 38 se forman solo sobre las películas aislantes 24 y 25. Particularmente, cuando el electrodo de barra de conexión se forma en un rectángulo en un cuerpo continuo como se muestra en la figura 7, la película aislante se forma en un rectángulo en un cuerpo continuo. Es decir, la película aislante se forma justo debajo del electrodo de barra de conexión. Esto disminuye la rugosidad en la región donde se formará el electrodo de barra de conexión. La presente invención tiene una estructura en la que el electrodo de barra de conexión no está en contacto con el sustrato de silicio tipo N 13 y la parte de contacto directamente, y la película aislante se inserta entre los mismos. Cuando la película aislante tiene un área pequeña, la película aislante y el electrodo de barra de conexión tienen la misma forma. En la presente invención, es preferible que la anchura y la longitud de la película aislante sean mayores que las del electrodo de barra de conexión. Este hace posible separar el electrodo de barra de conexión y el sustrato de manera más segura. Esto también disminuye la rugosidad en la región donde se formará el electrodo de barra de conexión, y, por consiguiente, es posible suprimir el sangrado en la formación del electrodo de barra de conexión. Al formar el electrodo de barra de conexión mediante serigrafía, es deseable disponer de la dirección de impresión para que sea casi paralela a la dirección longitudinal del electrodo de barra de conexión para suprimir al máximo el sangrado en la dirección de anchura.

Posteriormente, se describirá el método para formar el primer colector de corriente y el segundo colector de corriente.

En esta etapa de la presente invención, se forma el primer colector de corriente 35 que está en contacto eléctrico con el primer electrodo de barra de conexión 37 sobre la primera parte de contacto 26, y el segundo colector de corriente 36 que está en contacto eléctrico con el segundo electrodo de barra de conexión 38 se forma sobre la segunda parte de contacto 27 (figura 7 (3)).

En esta fase, es preferible que la etapa para formar el primer electrodo de barra de conexión y el segundo electrodo de barra de conexión y la etapa para formar el primer colector de corriente y el segundo colector de corriente se realicen simultáneamente. Esto hace posible reducir además el número de etapas, y producir una célula solar con alta eficiencia de conversión a menor coste.

Cuando el colector de corriente se forma usando un método de impresión como la serigrafía, la forma (patrón) del colector de corriente es preferiblemente tal como las formas que se muestran en las figuras 18 a 21. En las figuras 18 a 21, se pretende imprimir el colector de corriente de derecha a izquierda. En general, las impresiones pueden ser marcadas en el extremo de impresión (por ejemplo, las partes con líneas discontinuas en la figura 2 y la figura 8). En este caso, si el colector de corriente tiene tales formas que se muestran en las figuras 18 a 21, el extremo de impresión del colector de corriente solo existe sobre la película aislante sin existir sobre la parte de contacto. Por consiguiente, estas formas hacen posible evitar que la impresión para formar un colector de corriente sea marcada en la parte de contacto, y para evitar que la anchura de línea del colector de corriente se extienda desde la anchura de línea de la parte de contacto. Como resultado, es posible producir fácilmente una célula solar que es difícil de derivar. Por otro lado, las figuras 18 y 19 son vistas ampliadas que muestran una parte ampliada de la célula solar inventiva, con respecto a la que la célula solar mostrada en la figura 2 se modifica con respecto a la forma del colector de corriente. Las figuras 20 y 21 son una vista esquemática superior que muestra un ejemplo de la célula solar inventiva, con respecto a la que la célula solar mostrada en la figura 8 se modifica en relación con la forma del colector de corriente.

En este caso, la parte superior del electrodo de barra de conexión está soldada con el cableado de Cu recubierto con Pb-Sn y así sucesivamente denominado cableado de pestaña, y entonces la célula solar se encapsula entre vidrio y encapsulante para ser un módulo con el fin de mantener la potencia incluso cuando está sometida a exposición al aire libre. Por consiguiente, el electrodo de barra de conexión puede ser continuo o discontinuo siempre que tenga adhesividad con el cableado de pestaña.

Como material para formar el colector de corriente y el electrodo de barra de conexión, es deseable utilizar la pasta termoestable mencionada anteriormente que contiene una o más clases de materiales conductores seleccionados del grupo que consiste en Ag, Cu, Au, Al, Zn, In, Sn, Bi y Pb, y una o más clases de resinas seleccionadas del grupo que consiste en resinas epoxídicas, resinas acrílicas, resinas de poliéster, resinas fenólicas y resinas de silicona. Debido a que una pasta termoestable de este tipo hace posible realizar un tratamiento térmico para formar el electrodo a una temperatura de menos de 400°C, que no descompone el material aislante, que contiene material orgánico adecuado para el material de la película aislante.

Por ejemplo, la pasta termoestable que tiene solvente añadido a la misma se aplica a una posición prescrita mediante serigrafía, y entonces se seca, se calienta a 350°C o menos durante de 5 a 30 minutos para curarse. En este método, la pasta termoestable no contiene fritada de vidrio a diferencia de la pasta de sinterización de la materia prima de la parte de contacto. Por consiguiente, el material de electrodo (la pasta termoestable) no se une directamente al sustrato de silicio en el calentamiento, y se suprime el aumento del área de contacto. También es posible utilizar tal pasta de resina termoestable para unir el cableado de pestaña y la parte de barra de conexión seguida de un tratamiento térmico. Esto hace posible adherir el cableado de pestaña y la parte de barra de conexión sin soldadura.

#### Ejemplos

A continuación, en el presente documento, la presente invención se describirá en más detalle con referencia al ejemplo y el ejemplo comparativo, pero la presente invención no se limita a este ejemplo.

#### (Ejemplo y ejemplo comparativo)

Con el fin de confirmar la validez de la presente invención, las siguientes etapas se realizaron en 100 piezas de sustratos semiconductores (50 piezas para cada uno del ejemplo 1 y el ejemplo comparativo 1) para producir 100 piezas de células solares. Cada uno de estas se dotó de tres pares de electrodos de barra de conexión.

Como se muestra en la figura 6, primero, sobre el lado posterior de un sustrato de silicio tipo N 13 de 15 cm cuadrados con un grosor de 200 μm, se formó una película de nitruro de silicio de 200 nm por un método de CVD para ser una máscara de textura 31 (figura 6 (a)). Posteriormente, en la superficie de recepción de luz del sustrato de silicio tipo N 13, se formó una estructura de textura (una forma rugosa) 14 con una disolución en la que se había añadido alcohol isopropílico a la disolución acuosa de hidróxido de potasio (figura 6 b)).

Posteriormente, se retiró la máscara de textura 31 formada sobre el lado posterior del sustrato de silicio tipo N 13 con disolución de ácido fluorhídrico, y entonces se formaron películas de óxido de silicio sobre la superficie de recepción de luz y el lado posterior del sustrato de silicio tipo N 13 como máscaras de difusión 32 y 33 por oxidación térmica. A

las partes que van a formar una capa de difusión tipo N, se aplicó pasta de ataque químico compuesta principalmente por ácido fosfórico mediante serigrafía. La máscara de difusión 32 se retiró en la parte para formar una capa de difusión tipo N por tratamiento térmico para exponer el sustrato (figura 6 (c)). La pasta de ataque químico después del tratamiento de estampación se sometió a limpieza ultrasónica y se retiró por tratamiento con ácido. Después de esto, a la parte expuesta sobre el lado posterior del sustrato de silicio tipo N 13, se difundió el fósforo como impureza tipo N por difusión en fase de vapor usando  $\text{PoCl}_3$  para formar una capa de difusión tipo N 20 (figura 6 (c)).

Posteriormente, se realizó el tratamiento con ácido fluorhídrico para retirar la máscara de difusión 32 y la máscara de difusión 33 formada sobre el sustrato de silicio tipo N 13, así como capas de vidrio formadas por difusión de fósforo en las máscaras de difusión 32 y 33, y entonces se realizó la oxidación térmica con oxígeno para formar una película de óxido de silicio 34 (figura 6 (d)). Entonces, la película de óxido de silicio 34 se retiró en una parte para formar una capa de difusión tipo P 21 sobre el lado posterior mediante ataque químico (figura 6 (e)).

El lado posterior del sustrato de silicio tipo N 13 se recubrió por centrifugado con una disolución acuosa que contenía ácido bórico, y después del secado, se sometió a tratamiento térmico para difundir boro como impureza tipo P en la parte expuesta sobre el lado posterior del sustrato de silicio tipo N 13, formando de ese modo una capa de difusión tipo P 21 (figura 6 (f)).

Posteriormente, como etapas correspondientes a las figuras 6 (g) a (i), el tratamiento con ácido fluorhídrico se realizó para retirar la película de óxido de silicio 34 formada sobre el sustrato de silicio tipo N 13, y una capa de vidrio formada por difusión de boro en la película de óxido de silicio 34, y entonces se formaron películas de nitruro de silicio sobre la superficie frontal y el lado posterior como películas de pasivación por un método de CVD. Los procedimientos para esta etapa se realizaron en cada uno del ejemplo 1 y el ejemplo comparativo 1 como etapas comunes. Posteriormente, se realizó la formación de electrodos.

[Ejemplo 1]

En el ejemplo 1, se formaron partes de contacto, películas aislantes, colectores de corriente y electrodos de barra de conexión en un patrón mostrado en las figuras 2 y 7 (figuras 6 (j) a (1)).

En primer lugar, las partes de contacto se formaron en un patrón de formas de línea, que tienen cada una una anchura de  $100\ \mu\text{m}$ . Específicamente, se aplicó pasta conductora (pasta de sinterización) compuesta por partículas de Ag, frita de vidrio, aglomerante y solvente sobre partes prescritas sobre la capa de difusión mediante serigrafía. Esta se secó y se horneó a  $700^\circ\text{C}$  durante 5 minutos para formar primeras partes de contacto 26 y segundas partes de contacto 27. Entonces, se formaron películas aislantes que tienen cada una una anchura de 3 mm (en la dirección longitudinal del electrodo de dedo) y una longitud de 150 mm (en la dirección longitudinal del electrodo de barra de conexión) justo debajo de los electrodos de barra de conexión para intersectar con los electrodos de dedo (partes de contacto) en ángulo recto. Como materia prima para las películas aislantes, se utilizó pasta de poliimida. Esta pasta se aplicó sobre las partes prescritas mediante serigrafía, y se calentó a  $150^\circ\text{C}$  durante 20 minutos para su curación, formando de ese modo películas aislantes.

Entonces, se formaron simultáneamente colectores de corriente que tienen cada uno una anchura de  $100\ \mu\text{m}$  y electrodos de barra de conexión que tienen cada uno una anchura de 1,2 mm y una longitud de 148 mm. Como materia prima para los colectores de corriente y los electrodos de barra de conexión, se utilizó pasta conductora (pasta termoestable) compuesta por partículas de Ag y resina termoestable. Esta pasta termoestable se aplicó por serigrafía, se secó y se calentó a  $200^\circ\text{C}$  durante 30 minutos para curar, formando de ese modo los primeros colectores de corriente 35, los segundos colectores de corriente 36, los primeros electrodos de barra de conexión 37 y los segundos electrodos de barra de conexión 38 simultáneamente.

[Ejemplo comparativo 1]

En el ejemplo comparativo 1, se formaron partes de contacto, películas aislantes, colectores de corriente y electrodos de barra de conexión en un patrón mostrado en las figuras 9 y 12.

En primer lugar, se formaron partes de contacto en un patrón de formas de línea que tiene cada una una anchura de  $100\ \mu\text{m}$ . Específicamente, se aplicó pasta conductora (pasta de sinterización) compuesta por partículas de Ag, frita de vidrio, aglomerante y solvente sobre partes prescritas sobre la capa de difusión mediante serigrafía. Esta se secó y se horneó a  $700^\circ\text{C}$  durante 5 minutos para formar primeras partes de contacto 126 y segundas partes de contacto 127. Entonces, se formaron películas aislantes que tienen cada una una longitud de 3 mm (en la dirección longitudinal del electrodo de dedo) y una anchura de  $500\ \mu\text{m}$  (en la dirección longitudinal del electrodo de barra de conexión) solo para regiones de aislamiento (la región donde el electrodo de dedo y el electrodo de barra de conexión para diferentes tipos de conductividad intersectan entre sí). Como materia prima para las películas aislantes, se utilizó pasta de poliimida. Esta pasta se aplicó sobre las piezas prescritas mediante serigrafía, y se calentó a  $150^\circ\text{C}$  durante 20 minutos para curarse, formando de ese modo películas aislantes.

Entonces, se formaron simultáneamente colectores de corriente que tienen cada uno una anchura de 100  $\mu\text{m}$  y electrodos de barra de conexión que tienen cada uno una anchura de 1,2 mm y una longitud de 148 mm. Como materia prima para los colectores de corriente y para los electrodos de barra de conexión, se utilizó pasta conductora (pasta termoestable) compuesta por partículas de Ag y resina termoestable. Esta pasta termoestable se aplicó por serigrafía, se secó y se calentó a 200°C durante 30 minutos para curarse, formando de ese modo los primeros colectores de corriente 135, los segundos colectores de corriente 136, los primeros electrodos de barra de conexión 137 y los segundos electrodos de barra de conexión 138 simultáneamente.

Las 100 piezas de células solares producidas de ese modo se evaluaron usando un simulador solar (en una atmósfera de 25°C, intensidad de luz 1 kW/m<sup>2</sup>, espectro AM1,5 global). También se midió la resistencia en paralelo de cada célula solar. Los resultados se muestran en la tabla 1. La tabla 1 muestra las proporciones de los sustratos con la resistencia en paralelo que es de más de 1000  $\Omega\text{cm}^2$ . La eficiencia de conversión en la tabla 1 muestra cada promedio de 50 piezas de células solares del ejemplo 1 y el ejemplo comparativo 1.

[Tabla1]

		Ejemplo comparativo 1	Ejemplo 1
Resistencia en paralelo	Proporción de > 1000 $\Omega\text{cm}^2$ (%)	40	96
Eficiencia de conversión	%	18,0	19,6

La tabla 1 es una tabla que muestra los resultados experimentales del ejemplo 1 y del ejemplo comparativo 1. Como se muestra en la tabla 1, el ejemplo comparativo 1 dio células solares que tienen una resistencia en paralelo de 1000  $\Omega\text{cm}^2$  o menos en alta proporción, y la eficiencia de conversión se redujo en gran medida. Por otro lado, el ejemplo 1 dio células solares con una resistencia en paralelo suficientemente alta y alta eficiencia de conversión. Esto se debe a que las películas aislantes se formaron en el área completa justo debajo de los electrodos de barra de conexión, y los electrodos de barra de conexión no estaban en contacto con el sustrato directamente de ese modo. Esto también se debe a la planitud de las superficies de las películas aislantes (regiones donde se formaron los electrodos de barra de conexión), que podría suprimir el sangrado en la formación de los electrodos de barra de conexión, y, por consiguiente, los primeros electrodos de dedo y los segundos electrodos de dedo no estaban en contacto con los segundos electrodos de barra de conexión y los primeros electrodos de barra de conexión respectivamente.

Debe observarse que la presente invención no se limita a la realización mencionada anteriormente. La realización es solo una ejemplificación, y cualquier ejemplo que tenga sustancialmente las mismas características y demuestren las mismas funciones y efectos que los del concepto técnico descrito en las reivindicaciones de la presente invención se incluyen en el alcance técnico de la presente invención.

**REIVINDICACIONES**

1. Célula solar (110) que comprende:
  - 5 un sustrato semiconductor (113) de un primer tipo de conductividad en el que una de las superficies principales es una superficie de recepción de luz, la otra superficie principal es un lado posterior, y el lado posterior del sustrato semiconductor tiene una región del primer tipo de conductividad y una región de un segundo tipo de conductividad, siendo un tipo de conductividad opuesto al primer tipo de conductividad;
  - 10 un primer electrodo de dedo que incluye: una primera parte de contacto (126) unida a la región (120) del primer tipo de conductividad; y un primer colector de corriente (135), estando formada al menos una parte del primer colector de corriente en la primera parte de contacto;
  - 15 un segundo electrodo de dedo que incluye: una segunda parte de contacto (127) unida a la región (121) del segundo tipo de conductividad; y un segundo colector de corriente (136), estando formada al menos una parte del segundo colector de corriente en la segunda parte de contacto;
  - 20 estando un primer electrodo de barra de conexión (137) en contacto eléctrico con el primer colector de corriente;
  - 25 estando un segundo electrodo de barra de conexión (138) en contacto eléctrico con el segundo colector de corriente; y
  - una película aislante (124, 125) dispuesta al menos en el área completa justo debajo del primer electrodo de barra de conexión y el segundo electrodo de barra de conexión;
  - 30 donde el contacto eléctrico entre el primer colector de corriente (135) y el primer electrodo de barra de conexión (137), así como el contacto eléctrico entre el segundo colector de corriente (136) y el segundo electrodo de barra de conexión (138) se realizan sobre la película aislante; y
  - 35 la primera parte de contacto (126) y la segunda parte de contacto (127) son cada una en forma de línea continua al menos justo debajo de la película aislante.
2. Célula solar según la reivindicación 1, en la que el primer electrodo de barra de conexión y el segundo electrodo de barra de conexión son cada uno en forma de línea continua, y la película aislante está en una forma de línea continua.
3. Célula solar según la reivindicación 1 o 2, en la que el número total del primer electrodo de barra de conexión y del segundo electrodo de barra de conexión es de 4 o más y 10 o menos.
4. Célula solar según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en la que la película aislante está compuesta por un material que contiene una o más resinas seleccionadas del grupo que consiste en resinas de silicona, resinas de poliimida, resinas de poliamida-imida, fluororresinas, resinas fenólicas, resinas de melamina, resinas de urea, poliuretanos, resinas epoxídicas, resinas acrílicas, resinas de poliéster y resinas poval.
- 45 5. Célula solar según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en la que la película aislante tiene un grosor de 1 a 60  $\mu\text{m}$ .
- 50 6. Célula solar según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en la que el primer colector de corriente, el segundo colector de corriente, el primer electrodo de barra de conexión y el segundo electrodo de barra de conexión están compuestos cada uno por un material que contiene una o más clases de materiales conductores seleccionados del grupo que consiste en Ag, Cu, Au, Al, Zn, In, Sn, Bi y Pb, y una o más clases de resinas seleccionadas del grupo que consiste en resinas epoxídicas, resinas acrílicas, resinas de poliéster, resinas fenólicas y resinas de silicona.
- 55 7. Método de producción de una célula solar que incluye un sustrato semiconductor de un primer tipo de conductividad en el que una de las superficies principales del sustrato semiconductor es una superficie de recepción de luz, la otra superficie principal es un lado posterior, y el lado posterior del sustrato semiconductor tiene una región del primer tipo de conductividad y una región de un segundo tipo de conductividad, siendo un tipo de conductividad opuesto al primer tipo de conductividad; que comprende las etapas de:
  - 60 formar la región del primer tipo de conductividad y la región del segundo tipo de conductividad en el lado posterior;
  - 65 formar una primera parte de contacto unida a la región del primer tipo de conductividad y una segunda parte de contacto unida a la región del segundo tipo de conductividad de manera que cada una de las mismas tiene

una forma de línea continua al menos en una parte de la misma;

5 formar una película aislante para cubrir la parte superior y la parte lateral de la parte que tiene una forma de línea continua en la primera parte de contacto y la segunda parte de contacto;

formar un primer electrodo de barra de conexión y un segundo electrodo de barra de conexión solamente sobre la película aislante;

10 formar un primer colector de corriente que está en contacto eléctrico con el primer electrodo de barra de conexión en la primera parte de contacto; y

formar un segundo colector de corriente que está en contacto eléctrico con el segundo electrodo de barra de conexión sobre la segunda parte de contacto.

15 8. Método de producción de una célula solar según la reivindicación 7, en el que la etapa de formar un primer electrodo de barra de conexión y un segundo electrodo de barra de conexión y la etapa de formar un primer colector de corriente y un segundo colector de corriente se realizan simultáneamente.

FIG. 1  
10

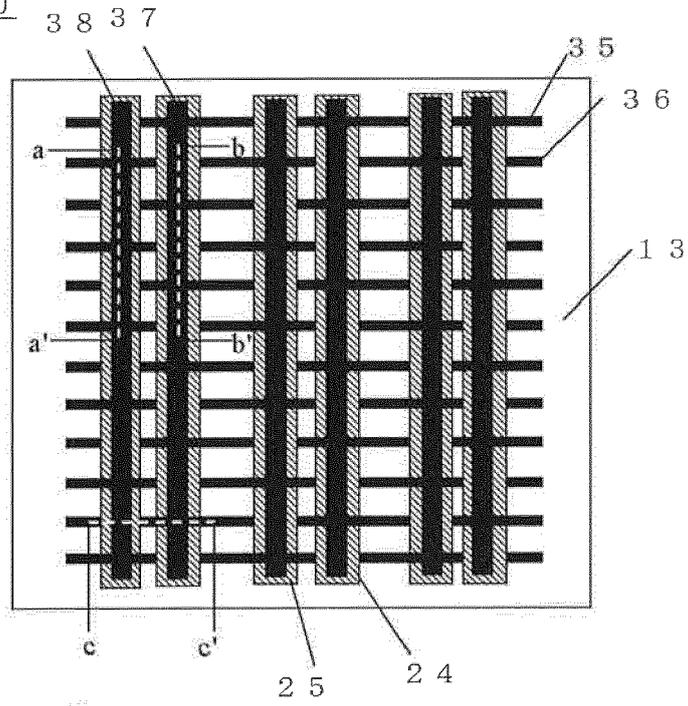


FIG. 2

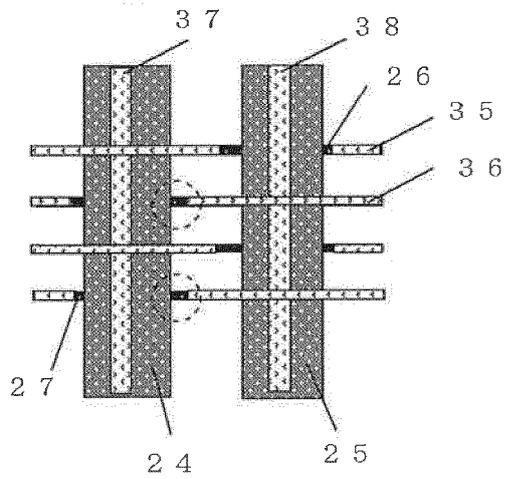


FIG. 3

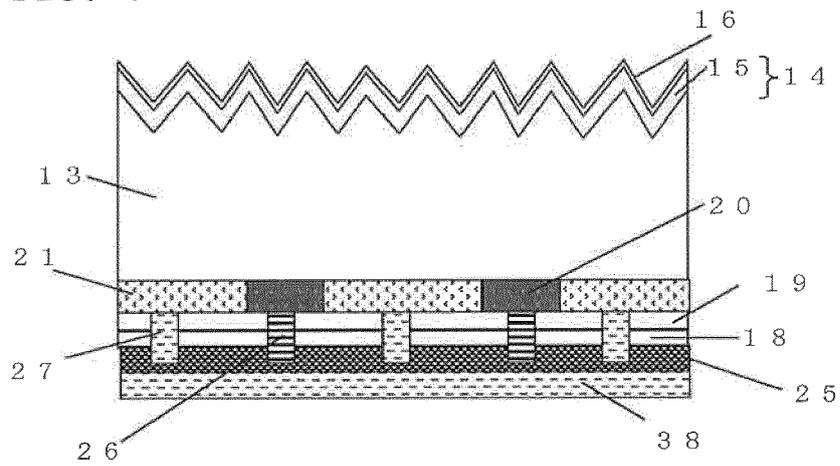


FIG. 4

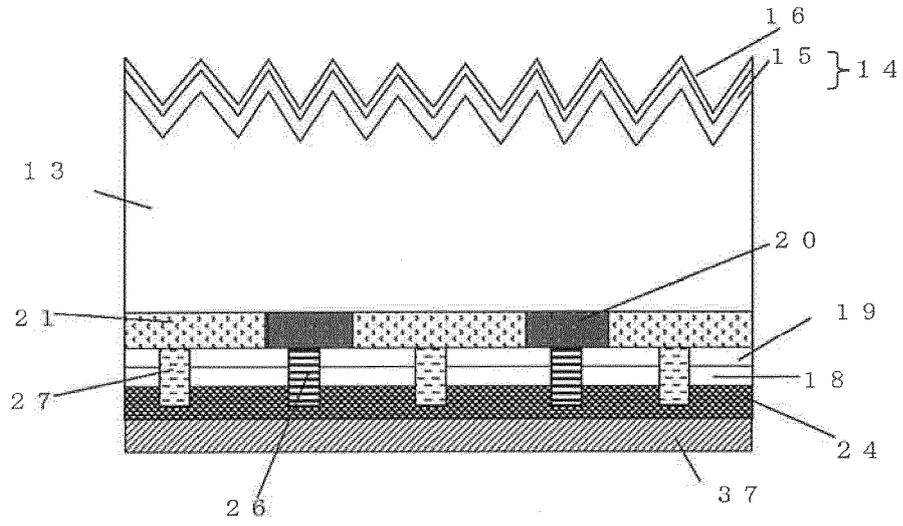


FIG. 5

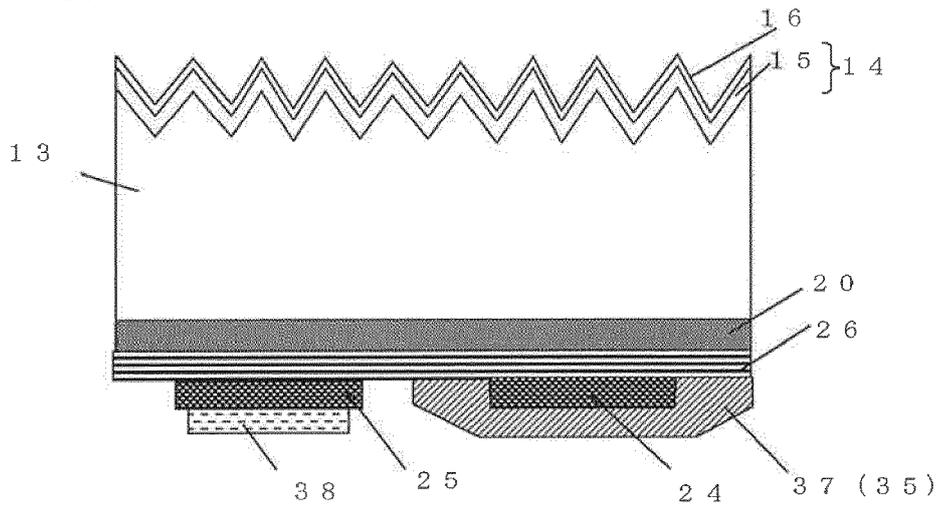


FIG. 6

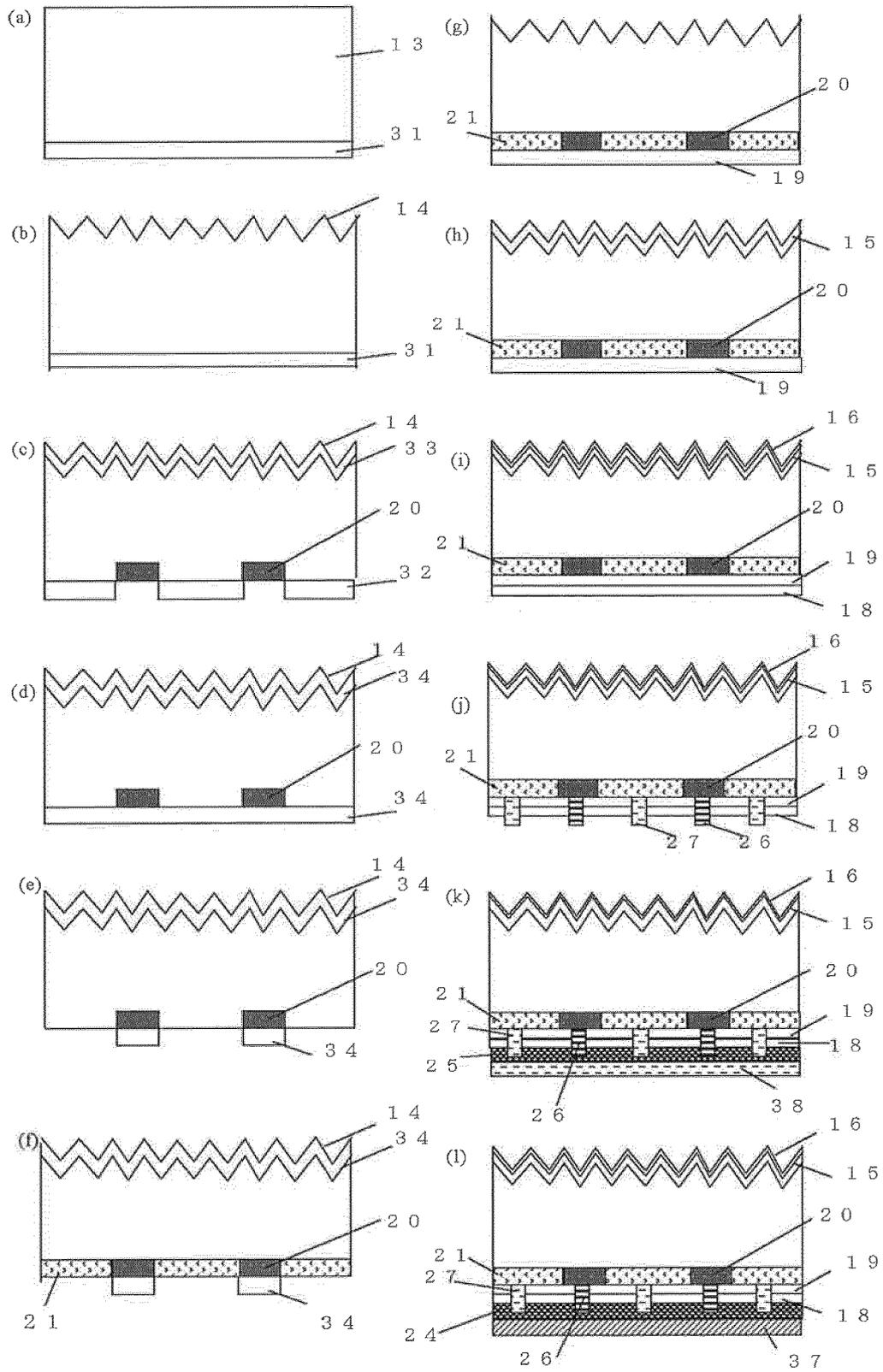


FIG. 7

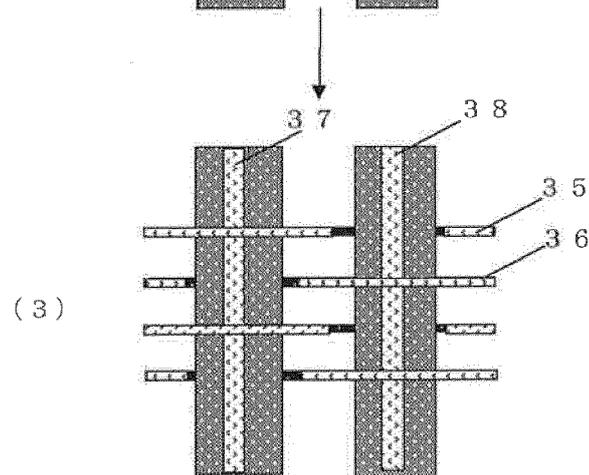
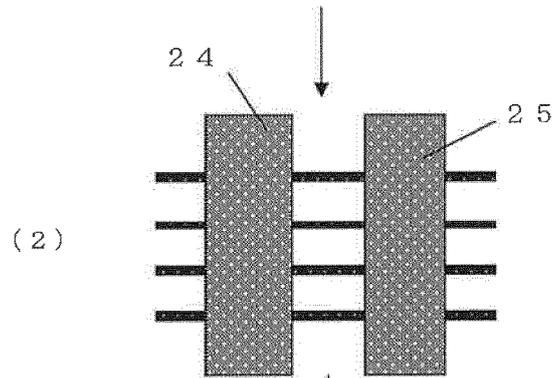
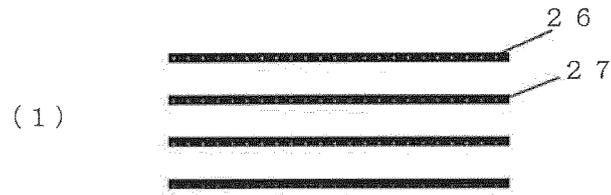


FIG. 8

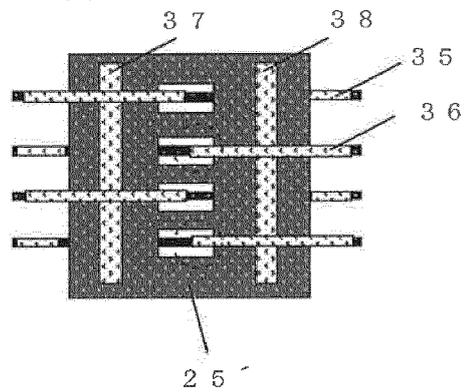


FIG. 9

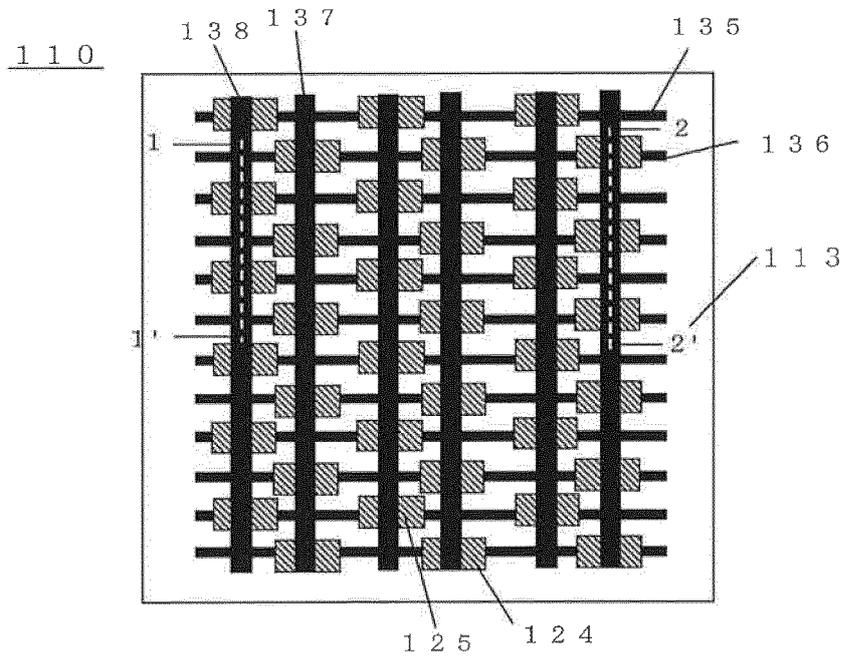


FIG. 10

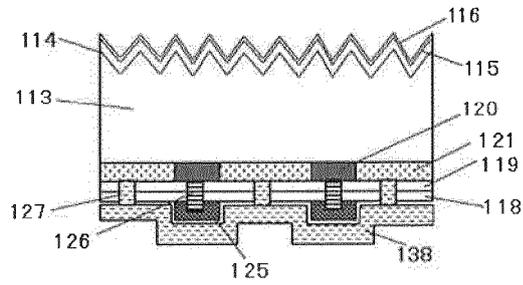


FIG. 11

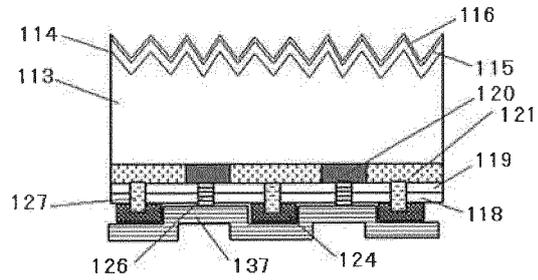


FIG. 12

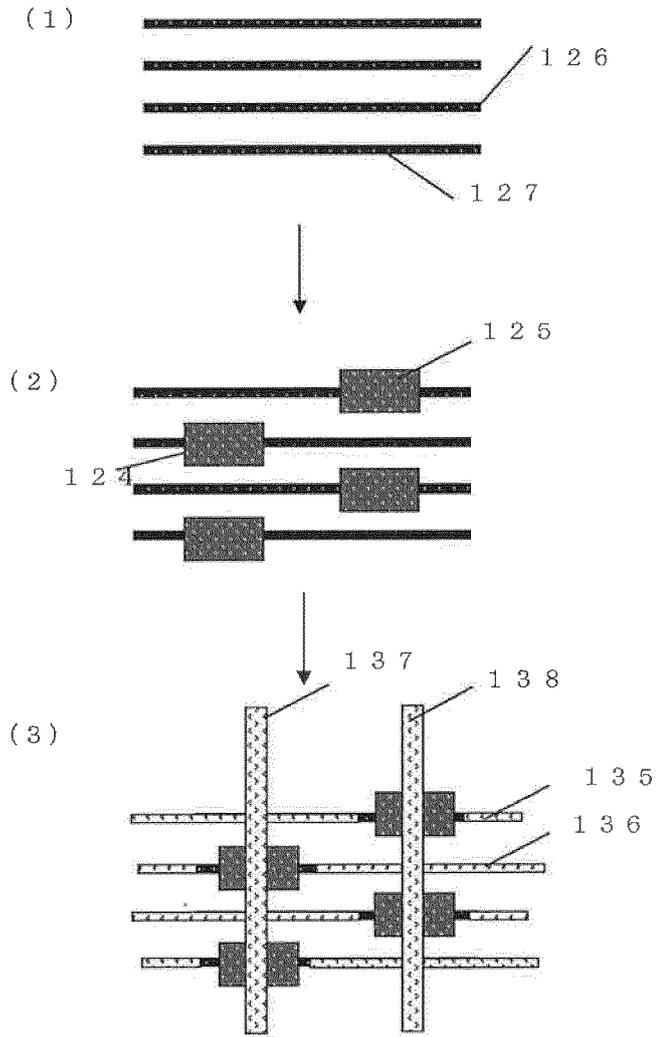


FIG. 13

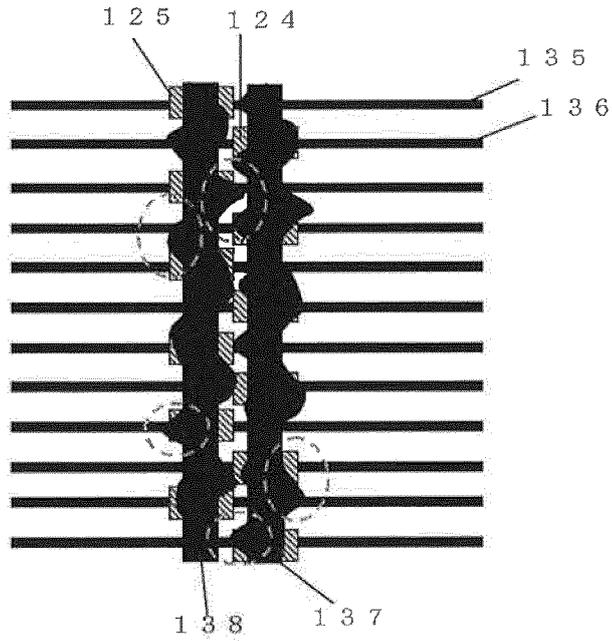


FIG. 14

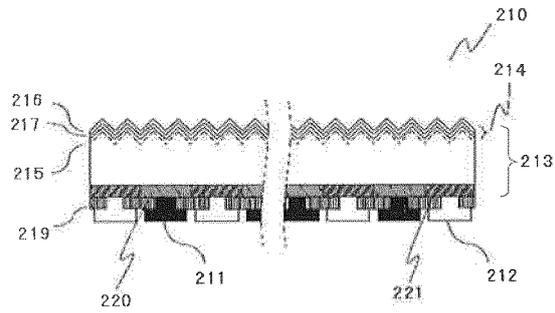


FIG. 15

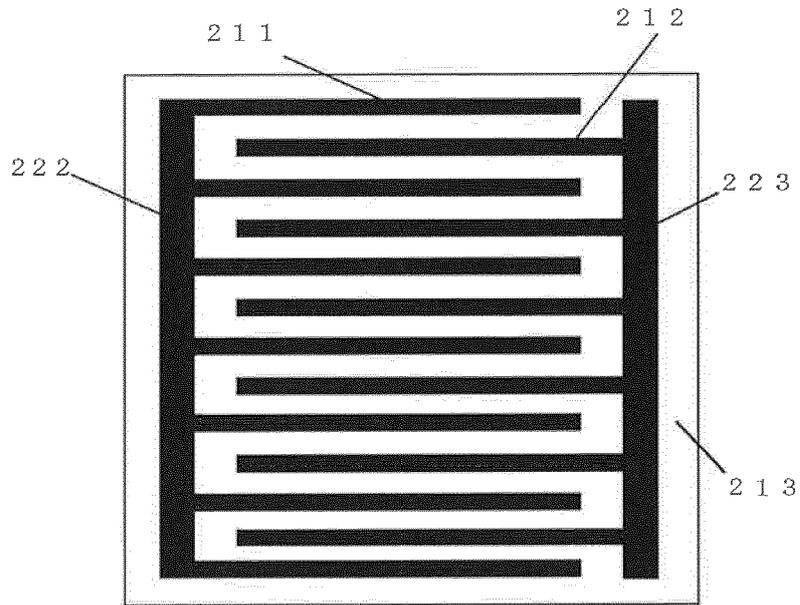


FIG. 16

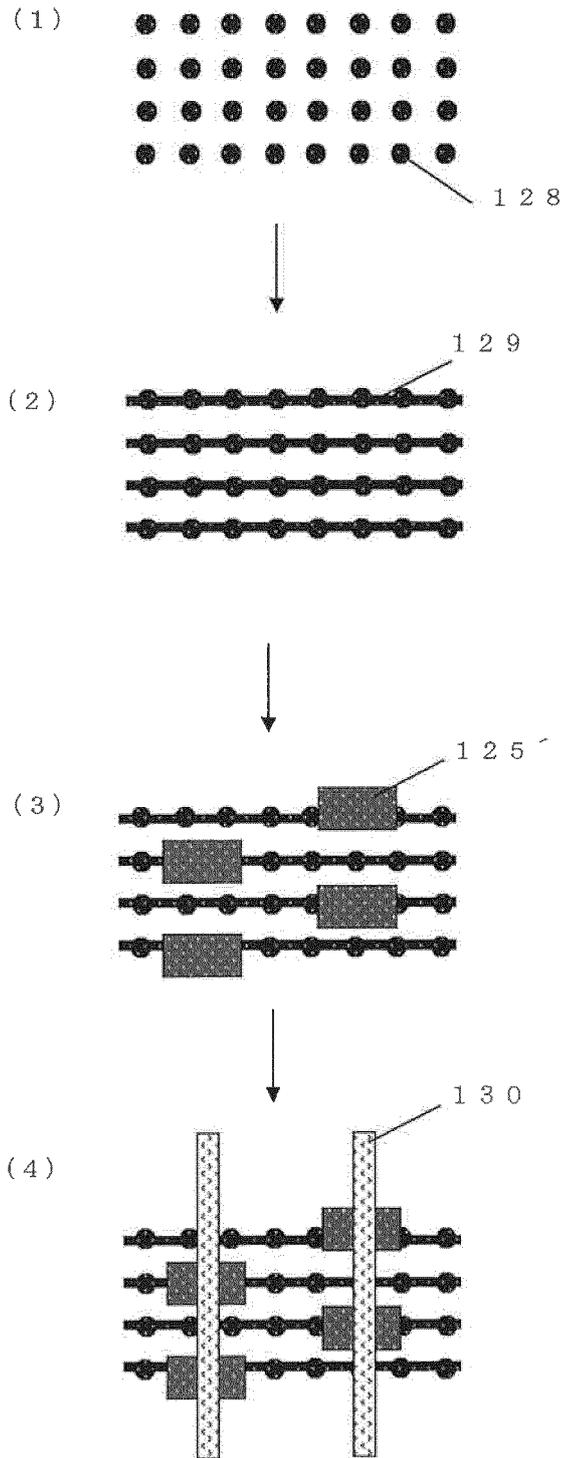


FIG. 17

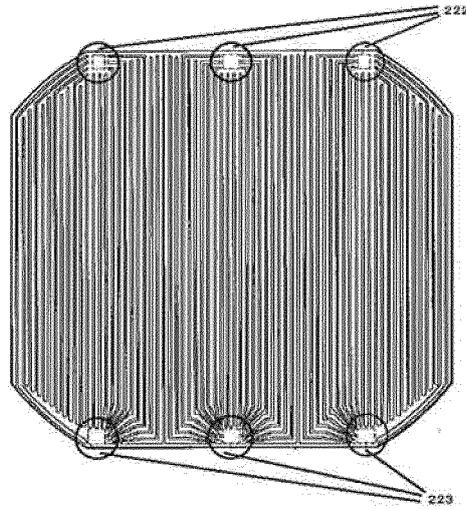


FIG. 18

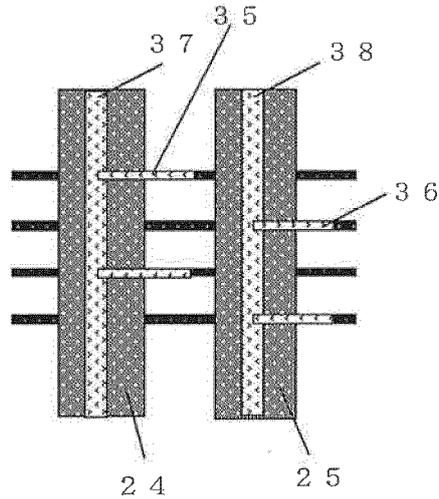


FIG. 19

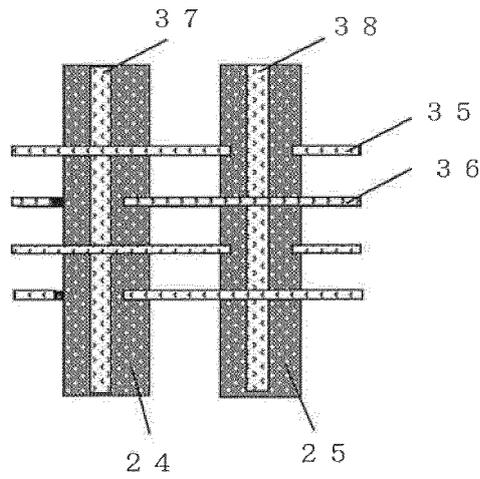


FIG. 20

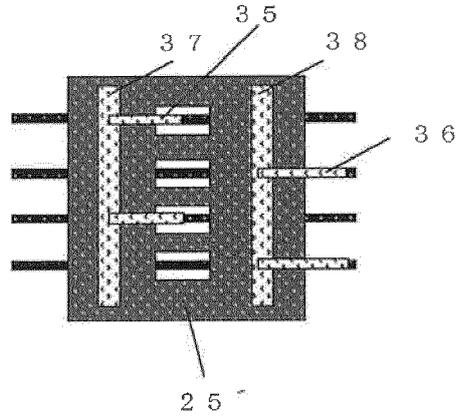


FIG. 21

