



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 357 665**

51 Int. Cl.:
H01L 31/0224 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **05809119 .0**

96 Fecha de presentación : **28.11.2005**

97 Número de publicación de la solicitud: **1887632**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **13.02.2008**

54 Título: **Célula de pila solar y su procedimiento de fabricación.**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
28.04.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
28.04.2011

73 Titular/es: **mitsubishi electric corporation**
7-3, Marunouchi 2-chome
Chiyoda-ku, Tokyo 100-8310, JP

72 Inventor/es: **Karakida, Shoichi;**
Nishida, Takahiko;
Nakatani, Mitsunori y
Morikawa, Hiroaki

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 357 665 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**CAMPO TÉCNICO**

La presente invención se refiere a una célula solar y a su procedimiento de fabricación y, más concretamente, se refiere a una célula solar y a su procedimiento de fabricación en el cual se impide la separación de los electrodos.

TÉCNICA ANTECEDENTE

La generación de energía fotovoltaica es un procedimiento limpio de generar energía eléctrica utilizando la energía inagotable de la luz sin la descarga de sustancias tóxicas. Una célula solar es utilizada para la generación de energía fotovoltaica, la cual es un convertidor fotoeléctrico que genera energía eléctrica mediante la conversión de la energía luminosa procedente del sol en energía eléctrica.

Tradicionalmente, un electrodo situado sobre la parte trasera de una superficie de recepción de luz de una célula solar fabricada por medios habituales, está hecha con pasta de plata de impresión con estarcido y pasta de aluminio sobre la superficie trasera de un sustrato de silicio, dejando secar luego y cociendo las pastas. El aluminio constituido sustancialmente por toda la parte trasera del sustrato de silicio sirve como electrodo positivo. Sin embargo, en el proceso de fabricación de un módulo de células solares, una lengüeta de conexión para extraer energía eléctrica no puede ser soldada directamente sobre el electrodo de aluminio hecho de aluminio. Por consiguiente, se constituye un electrodo de plata como electrodo para extraer energía eléctrica, de manera que se superponga parcialmente sobre el electrodo de aluminio sobre la superficie trasera del sustrato de silicio (véanse los Documentos de Patentes 1 y 2).

Documento de Patente 1: Publicación de Patente japonesa nº 2003 - 273378

Documento de Patente 2: Publicación de Patente japonesa nº HE110-335267

El documento WO 92/05587 describe unos contactos eléctricos y un procedimiento de fabricación de los contactos eléctricos en el que se introduce níquel dentro de la estructura de contacto para reducir la resistencia de contacto entre el material de contacto de aluminio y los zonales terminales de plata. El níquel puede ser aplicado como capa intermedia entre el sustrato de silicio y cada zonal terminal o el níquel puede ser incorporado en la tinta de plata que se utiliza para fabricar los zonales terminales de soldadura.

El documento WO 92/22929 describe un procedimiento de constitución de unos contactos de células solares y de interconexión de células solares en los que unos contactos ricos en plata son constituidos cociendo una tinta o pasta de plata, en el que sustancialmente toda la plata de la tinta o de la pasta antes de la cocción consiste en partículas esféricas. Unas conexiones intercelulares con los contactos pueden ser conseguidos utilizando una pasta de soldadura de estaño y plata.

DIVULGACIÓN DE LA INVENCIÓN**PROBLEMA QUE LA INVENCIÓN DEBE RESOLVER**

Según se acaba de describir, sobre la superficie trasera del sustrato de la célula solar, un electrodo de aluminio para generar de salida una energía eléctrica mayor y un electrodo de plata para extraer la energía eléctrica, son parcialmente superpuestos. Dentro del área en la que el electrodo de aluminio y el electrodo de plata están superpuestos, tres metales de silicio existentes en el sustrato de silicio, el aluminio existente en el electrodo de aluminio y la plata existente en el electrodo de plata están parcialmente aleados.

Sin embargo, el área superpuesta (área aleada) es muy frágil debido a los esfuerzos que se supone provocados por el distinto coeficiente de expansión térmica de cada material que se produce en el curso del rápido calentamiento y enfriamiento de la cocción. Por consiguiente, después de la cocción para constituir un electrodo, cuando, por ejemplo, el electrodo de plata se superpone sobre el electrodo de aluminio, el electrodo de aluminio con el electrodo de plata puede despegarse en el área de superposición. En consecuencia, el alambre no puede ser adecuadamente soldado en un proceso siguiente de fabricación de módulos.

La presente invención se llevó a cabo a la vista de los problemas descritos con anterioridad, y constituye un objetivo de la presente invención proporcionar una célula solar y su procedimiento de fabricación en el cual se impida de manera eficaz la separación de los electrodos.

MEDIOS PARA RESOLVER EL PROBLEMA

Para resolver los problemas descritos con anterioridad y conseguir el objetivo que se persigue, la célula solar de acuerdo con la presente invención incluye una capa de conversión fotoeléctrica, un primer electrodo dispuesto sobre una superficie de la capa de conversión fotoeléctrica, un segundo electrodo dispuesto sobre la otra superficie de la capa de conversión fotoeléctrica, un tercer electrodo dispuesto sobre la otra superficie de la capa de conversión fotoeléctrica con su periferia superponiéndose sobre el segundo electrodo en la dirección del plano de entrada de la capa de conversión fotoeléctrica para extraer la energía eléctrica del segundo electrodo. El grosor del segundo electrodo es mayor que el del tercer electrodo, y una diferencia de grosor entre el segundo electrodo y el tercer electrodo oscila entre igual o más de 10 micrómetros e igual o más de 30 micrómetros.

10 EFECTO DE LA INVENCION

La célula solar de acuerdo con la presente invención incluye un sustrato de conversión fotoeléctrica, un primer electrodo dispuesto sobre una superficie del sustrato de conversión fotoeléctrica, un segundo electrodo dispuesto sobre la otra superficie del sustrato de conversión fotoeléctrica, un tercer electrodo dispuesto sobre la otra superficie del sustrato de conversión fotoeléctrica con su periferia superponiéndose sobre el segundo electrodo en la dirección en el plano del sustrato de conversión fotoeléctrica para la extracción de energía eléctrica a partir del segundo electrodo. El grosor del segundo electrodo es mayor que el del tercer electrodo, y una diferencia de grosor entre el segundo electrodo y el tercer electrodo oscila entre igual o más de 10 micrómetros e igual o más de 30 micrómetros, en la que el segundo electrodo incluye un electrodo de aluminio, y el tercer electrodo incluye un electrodo de plata. Por medio de lo cual, la intensidad de la unión se incrementa al nivel de la superficie de contacto existente entre el sustrato de conversión fotoeléctrica y el segundo electrodo parcialmente aleado con el tercer electrodo, con lo que puede conseguirse una mejor unión. Como resultado de ello, la separación de los electrodos (separación de la aleación) puede impedirse de manera eficaz. Así mismo, resulta posible impedir de manera eficaz la fabricación defectuosa de los electrodos provocada por la diferencia de grosor entre el segundo electrodo y el tercer electrodo.

Por consiguiente, de acuerdo con la presente invención, resulta posible hacer realidad una célula solar en la cual, al tiempo que se impide la fabricación defectuosa de los electrodos, el sustrato de conversión fotoeléctrica y el segundo electrodo parcialmente aleado con el tercer electrodo quedan firmemente unidos entre sí, lo que impide de manera eficaz la separación de los electrodos (separación de la aleación).

Así mismo, en un procedimiento de fabricación de módulos después de la fabricación de la célula solar, una lengüeta de conexión puede ser apropiadamente soldada sobre un electrodo, lo que reduce la soldadura defectuosa de los apéndices y mejora el rendimiento de la producción.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[Fig. 1 - 1] La Fig. 1 - 1 es una sección transversal explicativa de una configuración general de una célula solar de acuerdo con la primera forma de realización de la presente invención.

[Fig. 1 - 2] La Fig. 1 - 2 es una vista en planta explicativa de una configuración general de una superficie frontal (una superficie de recepción de luz) de la célula solar de acuerdo con la primera forma de realización de la presente invención.

[Fig. 1 - 3] La Fig. 1 - 3 es una vista en planta explicativa de una configuración general de una superficie trasera (una superficie opuesta a la superficie de la recepción de la luz) de la célula solar de acuerdo con la primera forma de realización de la presente invención.

[Fig. 1 - 4] La Fig. 1 - 4 es una vista esquemática de tamaño ampliado de un área aleada en la que tres metales de silicio, aluminio y plata están parcialmente aleados de acuerdo con la primera forma de realización de la presente invención.

[Fig. 2] La Fig. 2 es una sección transversal de tamaño ampliado de un área circundante de un área B' y de un área C', en la que el electrodo de aluminio y el electrodo de plata de la superficie trasera están parcialmente superpuestas sobre la superficie trasera de una célula de pila solar convencional

[Fig. 3] La Fig. 3 es un diagrama explicativo de la correlación de una diferencia de grosor entre un electrodo de aluminio y un electrodo de plata de la superficie trasera después de la cocción (un valor obtenido mediante la sustracción del grosor del electrodo de plata de la superficie trasera respecto del grosor del electrodo de aluminio) y la frecuencia de aparición de una separación de los electrodos (aleación).

- [Fig. 4] La Fig. 4 es un gráfico explicativo de la correlación de la diferencia de grosor entre un electrodo de aluminio y un electrodo de plata de la superficie trasera después de la cocción (un valor obtenido mediante la sustracción del grosor del electrodo de plata de la superficie trasera respecto del grosor del electrodo de aluminio) y la frecuencia de los fallos de impresión.
- 5 [Fig. 5 - 1] La Fig. 5 - 1 es una sección transversal explicativa de un procedimiento para la fabricación de la célula solar de acuerdo con la primera forma de realización de la presente invención.
- [Fig. 5 - 2] La Fig. 5 - 2 es una sección transversal explicativa del procedimiento para la fabricación de la célula solar de acuerdo con la primera forma de realización de la presente invención.
- 10 [Fig. 5 - 3] La Fig. 5 - 3 es una sección transversal explicativa del procedimiento para la fabricación de la célula solar de acuerdo con la primera forma de realización de la presente invención.
- [Fig. 5 - 4] La Fig. 5 - 4 es una sección transversal explicativa del procedimiento para la fabricación de la célula solar de acuerdo con la primera forma de realización de la presente invención.
- [Fig. 5 - 5] La Fig. 5 - 5 es una sección transversal explicativa del procedimiento para la fabricación de la célula solar de acuerdo con la primera forma de realización de la presente invención.
- 15 [Fig. 5 - 6] La Fig. 5 - 6 es una sección transversal explicativa del procedimiento para la fabricación de la célula solar de acuerdo con la primera forma de realización de la presente invención.
- [Fig. 5 - 7] La Fig. 5 - 7 es una vista en planta explicativo de un ejemplo de una máscara de tamiz utilizada para la impresión con una pasta de plata en la fabricación de la célula solar de acuerdo con la primera forma de realización de la presente invención.
- 20 [Fig. 5 - 8] La Fig. 5 - 8 es una sección transversal explicativa de un ejemplo de una máscara de tamiz utilizada para la impresión con una pasta de plata en la fabricación de la célula solar de acuerdo con la primera forma de realización de la presente invención.
- [Fig. 5 - 9] La Fig. 5 - 9 es una sección transversal explicativa del procedimiento para la fabricación de la célula solar de acuerdo con la primera forma de realización de la presente invención.
- 25 [Fig. 5 - 10] La Fig. 5 - 10 es una sección transversal explicativa del procedimiento para la fabricación de la célula solar de acuerdo con la primera forma de realización de la presente invención.
- [Fig. 6] La Fig. 6 es una sección transversal explicativa de una configuración general de una célula solar de acuerdo con una segunda forma de realización de la presente invención.
- 30 [Fig. 7] La Fig. 7 es una sección transversal explicativa de una configuración general de otra célula solar de acuerdo con una segunda forma de realización de la presente invención.

EXPLICACIONES DE LAS LETRAS O NUMERALES

- 10 capa de semiconductor
- 11 sustrato de silicio
- 13 capa de difusión de tipo n
- 13a capa de difusión de tipo n
- 14 capa p+
- 15 revestimiento antirreflejante
- 17 electrodo de aluminio
- 17a capa de pasta de aluminio
- 19 electrodo de plata de la superficie trasera
- 19a capa de pasta de plata

21	electrodo de plata de la superficie frontal
21a	capa de pasta de plata
23	área aleada
25	malla
27	emulsión
29	bastidor de la máscara
31	área superpuesta del electrodo de aluminio y del electrodo de plata de la superficie trasera
33	área superpuesta del electrodo de aluminio y del electrodo de plata de la superficie trasera con un área vecina

MEJOR(ES) MODOS) DE LLEVAR A CABO LA INVENCION

5 Formas de realización ejemplares de una célula solar de acuerdo con la presente invención se exponen a continuación con detalle, con referencia a los dibujos que se acompañan. En los dibujos que se acompañan, los tamaños a escala pueden variar entre los dibujos y entre los miembros representados en su interior para una mejor comprensión.

Primera Forma de Realización

10 Las Figs. 1-1 a 1-3 son dibujos explicativos de una célula solar de acuerdo con una primera forma de realización de la presente invención, y la Fig. 1-1 es una sección transversal explicativa de una configuración general de la célula solar de acuerdo con la primera forma de realización. La Fig. 1-2 es una vista en planta explicativa de una configuración general de una superficie frontal (una superficie de recepción de la luz) de la célula solar de acuerdo con la primera forma de realización, y la Fig. 1-3 es una vista en planta explicativa de una configuración general de una superficie trasera (una superficie opuesta a la superficie de recepción de la luz) de la célula solar de acuerdo con la primera forma de realización. Como aspecto secundario, la Fig. 1-1 es una sección transversal tomada a lo largo de la línea A - A de la Fig. 1-3.

15 La célula solar de acuerdo con la forma de realización incluye, tal y como se muestra en las Figs. 1-1 a 1-3, una capa de material semiconductor 10 que es una capa de conversión fotoeléctrica que incluye una capa de tipo p 11 que es un sustrato de silicio de tipo p como sustrato de semiconductor, una capa de difusión de tipo n 13 con un tipo de conductividad inversa a la de la superficie de la capa de tipo p 11 y una capa p+ (capa del campo de la superficie trasera (BSF)) 14 que contiene una alta concentración de impurezas; un revestimiento antirreflejante 15 dispuesto sobre una superficie de recepción de la luz de la capa de semiconductor 10 para impedir la reflexión de la luz incidente; un electrodo de plata 21 de la superficie frontal que es un electrodo de la superficie de recepción de la luz dispuesto sobre la superficie de recepción de la luz de la capa de semiconductor 10 sustancialmente con forma de bastón; un electrodo de aluminio 17 que es un electrodo de la superficie trasera dispuesto sustancialmente por toda la superficie trasera de la capa de semiconductor 10 para extraer energía eléctrica y reflejar la luz incidente; y un electrodo de plata 19 de la superficie trasera que es un electrodo para extraer la energía eléctrica procedente del electrodo de aluminio 17.

20 En la célula solar de acuerdo con la forma de realización configurada según lo expuesto, cuando la luz solar irradia el lado de la superficie de recepción de la luz (el lado del revestimiento 15 antirreflejante) de la célula solar y llega hasta una superficie de unión p-n (una superficie de unión de la capa de tipo p 11 y de la capa de difusión de tipo n 13) situada en el interior y un orificio y un par de electrones está separado sobre la superficie de unión p-n. El electrodo separado se desplazada hacia la capa de difusión del tipo n 13. Por otro lado, el orificio separado se desplaza hacia la capa p+ 14. Esto produce una diferencia de potencial eléctrico entre la capa de difusión del tipo n 13 y la capa p+ 14 de forma que la capa p+ 14 tiene un potencial más alto. Esto convierte al electrodo de plata 21 de la superficie frontal conectado a la capa de difusión de tipo n 13 en un electrodo negativo y al electrodo de aluminio 17 conectado a la capa p+ 14 en un electrodo positivo, de manera que la electricidad fluye a través de un circuito externo (no mostrado).

30 A continuación se expondrán las características distintivas de la célula solar de acuerdo con la forma de realización. Tal y como se muestra en la Fig. 1-4, en la célula solar de acuerdo con la forma de realización, el electrodo de aluminio 17 y el electrodo de plata 19 de la superficie trasera están parcialmente superpuestos sobre la

capa p+ 14. La Fig. 1-4 es una vista esquemática que muestra una ampliación de un área que rodea el electrodo de plata 19 de la superficie trasera mostrada en la Fig. 1-1, esto es, una sección transversal de un área circundante de un área B y de un área C, en las que el electrodo de aluminio 17 y el electrodo de plata 19 de la superficie trasera están parcialmente superpuestos sobre la superficie trasera de la célula solar.

5 En el área B y en el área C en las que el electrodo de aluminio 17 y el electrodo de plata 19 de la superficie trasera están parcialmente superpuestos, tres metales de silicio existentes en la capa p+ 14 del sustrato de silicio, el aluminio del electrodo de aluminio 17 y la plata del electrodo de plata 19 de la superficie trasera, están parcialmente aleados para constituir una superficie aleada 23, tal y como se muestra en la Fig. 1-4. Aunque los bordes de los metales (el silicio, el aluminio y la plata) del área B y del área C están claramente definidos en las Figs. 1-1 y 1-5, no es necesario decir que las áreas están parcialmente aleadas y que los bordes realmente no están claramente definidos.

10 La célula solar de acuerdo con la forma de realización está configurada, como se muestra en la Fig. 1-4, de tal manera que la periferia del electrodo de plata 19 de la superficie trasera se superponga sobre el electrodo de aluminio 17 en la dirección del plano de la capa de semiconductor 10. El grosor t_{A1} del electrodo de aluminio 17 es mayor que el grosor t_{Ag} del electrodo de plata 19 de la superficie trasera, y la diferencia de grosor entre el electrodo de aluminio 17 y el electrodo de plata de la superficie trasera es igual a o mayor de 10 micrómetros e igual a o menor de 30 micrómetros.

15 Con la configuración expuesta, en la célula solar de acuerdo con la forma de realización, el área aleada 23 está perfectamente instalada dentro del área B y del área C en las cuales el electrodo de plata 19 de la superficie trasera y el electrodo de plata 17 están parcialmente superpuestos entre sí, el electrodo de aluminio 17 y el electrodo de plata 19 de la superficie trasera situados dentro del área aleada 23 están firmemente unidos entre sí, y el electrodo de aluminio 17 y el electrodo de plata 19 de la superficie trasera están firmemente unidos a la capa p+ 14 del sustrato de silicio, tal y como se muestra en la Fig. 1-4.

20 A la célula solar convencional está configurada, tal y como se muestra en la Fig. 2, de tal manera que la periferia del electrodo de plata 19 de la superficie trasera se superponga sobre el electrodo de aluminio 17 en la dirección del plano de la capa de semiconductor 10. El grosor del electrodo de aluminio 17 es mayor que el del electrodo de plata 19 de la superficie trasera. Esto es, la célula solar convencional, similar a la célula solar de acuerdo con la forma de realización, incluye un área B' y un área C' dentro de las cuales el electrodo de plata 19 de la superficie trasera y el electrodo de aluminio 17 están parcialmente superpuestos entre sí. En el área B' y en el área C' dentro de las cuales el electrodo de plata 19 de la superficie trasera y el electrodo de aluminio 17 están parcialmente superpuestas entre sí, tres metales de silicio dentro de la capa p+ 14 del sustrato de silicio, el aluminio del electrodo de aluminio 17, y la plata del electrodo de plata 19 de la superficie trasera, están parcialmente aleados.

25 En el área B' mostrada en la Fig. 2, tres metales del silicio dentro de la capa p+ 14 del sustrato de silicio, el aluminio del electrodo de aluminio 17, y la plata del electrodo de plata 19 de la superficie trasera están parcialmente aleados, y el electrodo de aluminio 17 y el electrodo de plata 19 de la superficie trasera parcialmente aleados no están separados (separación de la aleación). Por otro lado, en el área C', los tres metales del silicio de la capa p+ 14 del sustrato de silicio, el aluminio del electrodo de aluminio 17 y la plata del electrodo de plata 19 de la superficie trasera están parcialmente aleados, y el electrodo de aluminio 17 y el electrodo de plata 19 de la superficie trasera parcialmente aleados están separados (separación de la aleación). En la Fig. 2, por razones de comodidad en el dibujo, los límites de cada metal (silicio, aluminio y plata) están claramente definidos; sin embargo, no es necesario decir que las áreas están parcialmente aleadas y que los bordes en realidad no están claramente definidos.

30 En la célula solar convencional, sin embargo, el área parcialmente superpuesta (el área parcialmente aleada) es muy frágil y su capacidad de unión se reduce debido al esfuerzo presumiblemente ocasionado por una tasa diferente de expansión térmica de cada metal rápidamente enfriado y calentado en el curso de la cocción en la fabricación. Por consiguiente, después de la cocción en la constitución de un electrodo, el electrodo de aluminio 17 con el electrodo de plata 19 de la superficie trasera pueden estar separados en el área superpuesta, tal y como se muestra en el área C' de la Fig. 2. En este caso, existe el problema de que una lengüeta de conexión no puede ser adecuadamente soldada con el electrodo en el siguiente proceso de fabricación de los módulos.

35 De acuerdo con la investigación desarrollada por los inventores, en la observación de una célula solar después de la cocción de un electrodo en la fabricación de la célula, se ha descubierto que una separación de los electrodos (separación de la aleación), o que una separación del electrodo de aluminio 17 y del electrodo de plata 19 de la superficie trasera respecto del sustrato de silicio (capa p+ 14), algunas veces se produce en el área superpuesta del electrodo de aluminio 17 y del electrodo de plata 19 de la superficie trasera (véase el área C' de la Fig. 2). Además, se ha descubierto que la separación del electrodo de aluminio 17 y del electrodo de plata 19 de la superficie trasera respecto del sustrato de silicio (capa p+ 14) es un factor determinante de una soldadura defectuosa de la lengüeta de conexión con el electrodo en el procedimiento de fabricación de los módulos. Así

mismo, se ha descubierto por observación que la separación de los electrodos (separación de la aleación) se produce al nivel de la superficie de contacto entre el sustrato de silicio y los electrodos (donde el aluminio y la plata están parcialmente aleadas) por debajo de la periferia del área superpuesta del electrodo de aluminio 17 y del electrodo de plata 19 de la superficie trasera, tal y como se muestra en el área C' de la Fig. 2.

5 Por tanto, como resultado de la investigación adicional llevada a cabo por los inventores, en la célula solar configurada de manera que la periferia del electrodo de plata 19 de la superficie trasera se superponga sobre el electrodo de aluminio 17 en la dirección del plano de la capa de semiconductor 10, cuando el grosor t_{A1} del electrodo de aluminio 17 es mayor que el grosor t_{Ag} del electrodo de plata 19 de la superficie trasera y una diferencia existente entre el grosor t_{A1} del electrodo de aluminio 17 y el grosor t_{Ag} del electrodo de plata 19 de la superficie trasera oscila entre no menos de 10 micrómetros y no más de 30 micrómetros, resulta posible conseguir una célula solar en la cual el sustrato de silicio (capa p+ 14) quede firmemente unida con el electrodo de aluminio 17 (parcialmente aleado con el electrodo de plata 19 de la superficie trasera) y se impide que se produzca la separación de los electrodos (separación de la aleación).

15 Las Figs. 3 y 4 son gráficos de características obtenidas a partir del experimento en el que el grosor del electrodo de aluminio 17 y del electrodo de plata 19 de la superficie trasera fue modificado en la célula solar, configurada de tal manera que la periferia del electrodo de plata 19 de la superficie trasera se superpone sobre el electrodo de aluminio 17 en la dirección del plano de la capa de semiconductor 10. la Fig. 3 es un gráfico de la correlación entre la diferencia de grosor del electrodo de aluminio 17 y el electrodo de plata 19 de la superficie trasera después de la cocción en el procedimiento de constitución de los electrodos (un valor obtenido mediante la sustracción del grosor t_{Ag} del electrodo de plata 19 de la superficie trasera respecto del grosor t_{A1} del electrodo de aluminio 17), y una frecuencia de aparición de la separación de la aleación. La frecuencia de la aparición de la separación de la aleación indica cuantas células provoca la separación de la aleación entre las células sometidas a prueba.

20 Por otro lado, la Fig. 4 es un gráfico de la correlación entre la diferencia de grosor del electrodo de aluminio 17 y del electrodo de plata 19 de la superficie trasera después de la cocción en el procedimiento de constitución de los electrodos (un valor obtenido mediante la sustracción del grosor t_{Ag} del electrodo de plata 19 de la superficie trasera respecto del grosor t_{A1} del electrodo de aluminio 17), y la frecuencia de los fallos de impresión. Los fallos de impresión más habituales son un revestimiento insuficiente de la pasta, por ejemplo una impresión borrosa producida dentro de un área aleada y alrededor del área aleada y una fabricación defectuosa de los electrodos. La frecuencia de los fallos de impresión indica cuantas células provocan los fallos de impresión entre las células sometidas a prueba.

25 Puede apreciarse en la Fig. 3 que, cuando la diferencia de grosor del electrodo de aluminio 17 y del electrodo de plata 19 de la superficie trasera después de la cocción en el procedimiento de constitución de los electrodos (un valor obtenido mediante la sustracción del grosor t_{Ag} del electrodo de plata 19 de la superficie trasera respecto del grosor t_{A1} del electrodo de aluminio 17) es igual que o mayor de 10 micrómetros, la frecuencia de la separación de la aleación se reduce bruscamente. Por otro lado, puede apreciarse en la Fig. 4 que, cuando la diferencia de grosor del electrodo de aluminio 17 y del electrodo de plata 19 de la superficie trasera después de la cocción en el procedimiento de constitución de los electrodos (un valor obtenido mediante la sustracción del grosor t_{Ag} del electrodo de plata 19 de la superficie trasera respecto del grosor t_{A1} del electrodo de aluminio 17) es igual que o mayor de 30 micrómetros, la frecuencia de los fallos de impresión se incrementa bruscamente.

30 De acuerdo con otro experimento y prueba, se ha descubierto que la separación de la aleación se produce al nivel de la superficie de contacto existente entre el sustrato de silicio y los electrodos (donde parcialmente existen el aluminio y la plata) por debajo del extremo del área superpuesta del electrodo de aluminio 17 y del electrodo de plata 19 de la superficie trasera. Así mismo, se ha descubierto que, cuando la concentración de plata al nivel de la superficie de contacto es mayor, la separación de los electrodos (separación de la aleación) es probable que se produzca.

35 En un área en la que el aluminio o la plata directamente contactan con el silicio, la separación de los electrodos (separación de la aleación) no se detecta y se unen adecuadamente. Por consiguiente, puede presumirse que, cuando una aleación de aluminio y silicio contiene plata en una cantidad determinada, la capacidad de unión se reduce debido a una modificación de un factor de expansión térmica o a otros factores.

40 De acuerdo con el resultado expuesto, para impedir que se produzca la separación de los electrodos (separación de la aleación), es necesario que se reduzca la concentración de plata alrededor de la superficie de contacto existente entre el sustrato de silicio (capa p+ 14) y los electrodos (aleación). Así mismo, es eficaz el incremento del grosor t_{A1} del electrodo de aluminio 17 o la reducción del grosor t_{Ag} del electrodo de plata 19 de la superficie trasera. Por otro lado, los fallos de impresión se deben a una cobertura insuficiente de la pasta provocada

por la diferencia entre el grosor t_{A1} del electrodo de aluminio 17 y el grosor t_{Ag} del electrodo de plata 19 de la superficie trasera.

De esta manera, mediante el ajuste del grosor t_{A1} del electrodo de aluminio 17 para que sea mayor que el grosor t_{Ag} del electrodo de plata 19 de la superficie trasera, así como mediante el ajuste de la diferencia entre el grosor t_{A1} del electrodo de aluminio 17 y el grosor t_{Ag} del electrodo de plata 19 de la superficie trasera para que sea no inferior a 10 micrómetros y no mayor de 30 micrómetros, los inventores han conseguido una célula solar con una configuración tal que la periferia del electrodo de plata 19 de la superficie trasera se superponga sobre el electrodo de aluminio 17 en la dirección del plano de la capa de semiconductor 10, de forma que el sustrato de silicio (capa p+ 14) y el electrodo de aluminio 17 (parcialmente aleado con el electrodo de plata 19 de la superficie trasera) queden firmemente unidos entre sí, y la separación de los electrodos (separación de la aleación) se impida que ocurra.

En la célula solar que presenta la configuración expuesta de acuerdo con la forma de realización, tal y como se muestra en la Fig. 1-4, dentro del área B y del área C en la que el electrodo de aluminio 17 y el electrodo de plata 19 de la superficie trasera están parcialmente superpuestos entre sí, la intensidad de la unión se incrementa al nivel de la superficie de contacto existente entre el sustrato de silicio (capa p+ 14) y el electrodo de aluminio 17 (el electrodo de aluminio 17 parcialmente aleado con el electrodo de plata 19 de la superficie trasera), consiguiéndose con ello una unión más satisfactoria. Como resultado de ello, resulta posible impedir de manera efectiva la separación de los electrodos (separación de la aleación). Así mismo, resulta posible impedir los fallos de impresión (fabricación de electrodos defectuosos) provocada por la diferencia de grosor del electrodo de aluminio 17 y del electrodo de plata 19 de la superficie trasera después de la cocción en el procedimiento de constitución de los electrodos (un valor obtenido mediante la sustracción del grosor del electrodo de plata 19 de la superficie trasera respecto del grosor del electrodo de aluminio 17).

De acuerdo con lo descrito con anterioridad, en la célula solar de acuerdo con la forma de realización, al tiempo que se impide la fabricación defectuosa de los electrodos, el sustrato de silicio (capa p+ 14) y el electrodo de aluminio 17 (el electrodo de aluminio 17 parcialmente aleado con el electrodo de plata 19 de la superficie trasera) quedan firmemente unidos entre sí, y, por medio de lo cual es imposible impedir de manera eficaz la separación de los electrodos (separación de la aleación).

A continuación, se expone un procedimiento de fabricación de la célula solar configurada según lo expuesto de acuerdo con la forma de realización. En general, en una célula solar de poco coste, se utiliza un sustrato de silicio para generar energía fotovoltaica con una simple unión p-n y una capa n de unos pocos cientos de nanómetros de grosor mediante la difusión de unos elementos del grupo V, como por ejemplo fósforo (P) sobre un sustrato de silicio del tipo p de unos pocos cientos de micrómetros de grosor. De acuerdo con la presente invención, tanto un cristal único como silicio policristalino pueden ser utilizados en el sustrato de silicio de tipo p; sin embargo, a continuación se efectúa una exposición con un ejemplo de un sustrato de cristal único con una orientación (100) en el plano.

Se expone brevemente un procedimiento de fabricación de la célula solar. En el procedimiento de fabricación de la célula solar, se disponen la capa n y una textura convexa y cóncava para mantener la luz sobre un lado del sustrato existente en su interior, sobre la superficie del sustrato de silicio del tipo p con una resistencia específica de 0,1 a 5 cm óhmicos, y un revestimiento antirreflejante dispuesto sobre aquél. A continuación, se dispone un electrodo de plata sobre una superficie frontal del sustrato.

A continuación, un electrodo de aluminio se dispone sobre una superficie trasera del sustrato, y una capa p+ se dispone para crear un efecto de campo de superficie trasera (BSF) de manera que la concentración de electrones de la capa p+ se incremente por un campo eléctrico de una estructura de banda y los electrones de la capa p+ no desaparezcan. Con el electrodo de aluminio, se espera, así mismo, crear un efecto de reflexión de superficie trasera (BSR) de reflexión de la luz de onda larga que pasa a través del sustrato de silicio y reutilizar la luz de onda larga para generar energía. Sin embargo, el electrodo de aluminio provoca una considerable deformación del sustrato e induce el agrietamiento del sustrato. Por consiguiente el electrodo de aluminio puede ser retirado después de que la capa p+ se haya constituido por tratamiento térmico. Por último, se dispone un electrodo de plata sobre la superficie trasera del sustrato, y la célula solar queda de esta forma completada.

En las líneas que siguen se expone con detalle, con referencia a los dibujos, el procedimiento de fabricación de la célula solar de la forma de realización. Para obtener la célula solar de acuerdo con la forma de realización, tal y como se muestra en la Fig. 5-1, un sustrato de silicio del tipo p 11' es rebanado de, por ejemplo, un lingote amplio de silicio monocristalino fabricado mediante el procedimiento de estirado o un lingote de silicio policristalino fabricado mediante el procedimiento de moldeo. El sustrato de silicio 11' es atacado al ácido hasta un grosor de aproximadamente de 10 a 20 micrómetros utilizando, por ejemplo, de un ligero porcentaje hasta un 20% en peso de hidróxido de sodio o de carbonato de sodio, retirándose a continuación una capa dañada y la suciedad de la superficie de silicio provocadas por el rebanado.

Así mismo, si es necesario, el sustrato de silicio 11' es lavado con una solución mixta de ácido clorhídrico y peróxido de hidrógeno para retirar metales pesados, como por ejemplo el hierro, adheridos a la superficie del sustrato. A continuación, se lleva a cabo un ataque al ácido anisotrópico con una solución elaborada mediante la adición de alcohol de isopropilo (IPA) a una solución alcalina similar de baja concentración para constituir una

A continuación se constituye una capa de difusión del tipo n 13a para constituir una unión p-n. En el procedimiento de constitución de la capa de difusión de tipo n 13a, por ejemplo, se utiliza oxocloruro de fósforo (POCl_3); un procedimiento de difusión se lleva a cabo en una atmósfera de gas de mezcla de nitrógeno y oxígeno a de 800 a 900 grados Celsius, y el fósforo es térmicamente difundido, tal y como se muestra en la Fig. 5-2 para constituir la capa de difusión del tipo n 13a con el tipo de conductividad inversa por toda la superficie del sustrato de silicio 11'. La resistencia laminar de la capa de difusión del tipo n 13a es, por ejemplo, de varias decenas de ohmios / cuadrado (de 30 a 80), y la profundidad de la capa de difusión del tipo n 13a es, por ejemplo, de aproximadamente 0,3 a aproximadamente 0,5 micrómetros.

Para proteger la capa de difusión de tipo n 13a situada sobre la superficie de recepción de la luz, una pasta resistiva polimérica es impresa mediante impresión con estarcido y secada para constituir la capa protectora. La capa de difusión del tipo n 13a constituida sobre las partes trasera y lateral del sustrato de silicio 11' es retirada empapando el sustrato de silicio 11' en una solución de, por ejemplo, con un 20% en peso de hidróxido de potasio durante unos pocos minutos. La capa protectora aislante es a continuación retirada mediante un disolvente orgánico para obtener el sustrato de silicio 11' con la capa de difusión del tipo n 13 constituida por toda la superficie (la superficie de recepción de la luz de aquél, tal y como se muestra en la Fig. 5-3).

Tal y como se muestra en la Fig. 5-4, un revestimiento antirreflejante 15 hecho de una película de óxido de silicio, de una película de nitruro de silicio o de una película de óxido de titanio se constituye sobre la capa de difusión n 13 con un grosor uniforme. En el caso de la película de óxido de silicio, el revestimiento antirreflejante 15 se constituye mediante una deposición química en fase de vapor (CDV) activada por plasma utilizando gas silano (SiH_4) y gas amoníaco (NH_3) como materias primas a una temperatura de calentamiento igual o mayor de 300 grados Celsius bajo presión reducida. Por ejemplo, el índice de refracción es de aproximadamente de 2,0 a 2,2, y el grosor óptimo del revestimiento antirreflejante 15 es de aproximadamente de 70 a 90 nanómetros. Debe destacarse que el revestimiento antirreflejante constituido de la forma indicada es un aislador; la simple constitución de un electrodo de la superficie frontal sobre el revestimiento antirreflejante no produce una célula solar.

A continuación, se imprime una pasta de aluminio que incluye un vidrio por toda la superficie trasera del sustrato de silicio 11' (una superficie opuesta de la superficie de recepción de la luz) mediante impresión con estarcido y se deja secar para constituir una capa de pasta de aluminio 17a por toda la superficie trasera del sustrato de silicio 11', tal y como se muestra en la Fig. 5-5. Sobre la capa de pasta de aluminio 17a se constituyen unas aberturas, cada una de las cuales se corresponde con una parte en la que se constituye el electrodo de plata 19 de la superficie trasera. El grosor de la capa de pasta de aluminio 17a puede ser ajustado, por ejemplo, mediante el diámetro del alambre de una máscara de tamiz o por un grosor de la emulsión.

A continuación, una pasta de plata destinada al electrodo de plata 19 de la superficie trasera es impresa mediante impresión con estarcido por toda la superficie trasera del sustrato de silicio 11' (una superficie opuesta de la superficie de recepción de la luz), sobre la cual se constituye el electrodo de aluminio 17, y se deja secar para constituir una capa de pasta de plata 19a, tal y como se muestra en la Fig. 5-6. En el procedimiento de constitución de la capa de pasta de aluminio 17a y de la capa de pasta de plata 19a el grosor de cada capa se ajusta para que el grosor t_{A1} del electrodo de aluminio 17 tenga que ser mayor que el grosor t_{Ag} del electrodo de plata 19 de la superficie trasera y una diferencia existente entre el grosor t_{A1} del electrodo de aluminio 17 y el grosor t_{Ag} del electrodo de plata 19 de la superficie trasera tenga que oscilar entre una cantidad igual a o mayor de 10 micrómetros y una cantidad igual a o menor de 30 micrómetros después de la cocción.

La pasta de plata puede ser impresa mediante la utilización de una máscara de tamiz con un patrón de la emulsión 27 constituida sobre una malla 25, tal y como se muestra en las Figs. 5-7 y 5-8. Un bastidor 29 de la máscara está constituido en la periferia de la superficie de la malla 25 opuesta a la superficie sobre la cual se sitúa la emulsión 27. De modo similar, la pasta de aluminio puede, así mismo, ser impresa mediante la utilización de la máscara de tamiz con una pauta de la emulsión 27 constituida sobre la malla 25. El grosor de la pasta de aluminio puede ser ajustado, por ejemplo, mediante el diámetro de alambre de la malla 25 que constituye la máscara de tamiz o el grosor de la emulsión. De modo similar, el grosor de la pasta de plata puede, así mismo, ser ajustado, por ejemplo mediante el diámetro de alambre de la malla 25 que constituye la máscara de tamiz o el grosor de la emulsión.

Tradicionalmente, ha existido prioridad en la potenciación al máximo de la cantidad de la pasta de aluminio destinada a ser revestida que afecta a la cantidad de la deformación del sustrato o a las características de la célula

solar (el efecto BSF o el efecto BSR mencionados con anterioridad). Por consiguiente, la cantidad de pasta de plata que debe ser revestida no ha sido potenciada al máximo, y los grosores del electrodo de aluminio de la superficie trasera y del electrodo de plata de la superficie trasera, después de la cocción, han sido casi los mismos.

5 A continuación, una pasta de plata destinada al electrodo de plata 21 de la superficie frontal es impresa mediante impresión con estarcido por toda la superficie frontal del sustrato de silicio 11' (la superficie de recepción de la luz), sobre el cual se constituye el revestimiento antirreflejante 15, y se deja secar para constituir una capa de pasta de plata 21a, tal y como se muestra en la Fig. 5-9. El grosor de la pasta de plata puede ser ajustado mediante el diámetro de alambre de la malla 25 que constituye la máscara de tamiz, el grosor de la emulsión, o características similares.

10 A continuación, en un procedimiento de cocción de constitución de los electrodos, las capas de pasta tanto para los electrodos de la superficie frontal como de la superficie trasera son sometidos a cocción de manera simultánea a aproximadamente de 600 a 900 grados Celsius durante de unos pocos a más de 10 minutos. Sobre la superficie frontal (la superficie de recepción de la luz) del sustrato de silicio 11', la capa de pasta de plata es sometida a cocción para constituir el electrodo de plata 21 de la superficie frontal, tal y como se muestra en la Fig. 5-10; mientras se está fundiendo el revestimiento antirreflejante 15, el material de plata contacta con el silicio existente en el sustrato de silicio 11' a través del material de vidrio incluido en la pasta de plata, y el revestimiento antirreflejante 15 es solidificado de nuevo. Por medio de lo cual, puede obtenerse una conductividad entre el electrodo de plata 21 de la superficie frontal y el silicio. El procedimiento expuesto se denomina en general el procedimiento de paso por la cocción.

20 Por otro lado, sobre la superficie trasera (la superficie opuesta de la superficie de recepción de la luz) del sustrato de silicio 11', la capa de pasta de aluminio es sometida a cocción para constituir el electrodo de aluminio 17 y la capa de pasta de plata es sometida a cocción para constituir el electrodo de plata 19 de la superficie trasera, tal y como se muestra en la Fig. 5-10. A continuación, el aluminio de la pasta de aluminio reacciona al silicio del sustrato de silicio 11', el cual constituye la capa p+ 14 situada por debajo del electrodo de aluminio 17. La capa en general se denomina capa de campo de superficie trasera (BSF), y contribuye a la mejora de la eficiencia de la conversión de energía de la célula solar. En el sustrato de silicio 11', un área entre la capa de difusión del tipo n 13 y la capa p+ 14 se constituye sobre la capa del tipo p 11.

25 La pasta de plata reacciona directamente con el silicio del sustrato de silicio 11' en un área en la que la pasta de plata directamente contacta con el sustrato de silicio 11' mientras que, en un área en la que la pasta de silicio contacta con la pasta de aluminio, tres metales de silicio del sustrato de silicio 11', el aluminio de la pasta de aluminio (el electrodo de aluminio 17), y la plata del electrodo de plata 19 de la superficie trasera están parcialmente aleados. La célula solar es completada mediante el procedimiento de fabricación de la célula solar que implica las etapas referidas. En un procedimiento de fabricación de módulos llevado a cabo después de la fabricación de la célula, una lengüeta de conexión de cobre se dispone sobre el electrodo de plata 19 de la superficie trasera para extraer energía eléctrica.

30 De acuerdo con el procedimiento de fabricación de la célula solar configurado de acuerdo con lo expuesto en la forma de realización, en el área B y en el área C en la que el electrodo de aluminio 17 y el electrodo de plata 19 de la superficie trasera se superponen parcialmente entre sí, la intensidad de la unión se incrementa al nivel de la superficie de contacto existente entre el sustrato de silicio (capa p+ 14) y el electrodo de aluminio 17 (el electrodo de aluminio 17 parcialmente aleado con el electrodo de plata 19 de la superficie trasera), por medio de lo cual se consigue una unión más efectiva. Como resultado de ello, resulta posible impedir de manera eficaz la separación de los electrodos (separación de la aleación). Así mismo, resulta posible impedir los fallos de impresión (fabricación defectuosa de los electrodos) provocados/ por la diferencia de grosor del electrodo de aluminio 17 y del electrodo de plata 19 de la superficie trasera después de la cocción (un valor obtenido mediante la sustracción del grosor del electrodo de plata 19 de la superficie trasera respecto del grosor del electrodo de aluminio 17).

40 Por consiguiente, de acuerdo con el procedimiento de fabricación de la célula solar, configurada de acuerdo con lo expuesto de la forma de realización, es posible hacer realizada una célula solar, en la cual, al tiempo que se impide la fabricación defectuosa de los electrodos el sustrato de silicio (capa b +14) y el electrodo de aluminio 17 (el electrodo de aluminio 17 parcialmente aleado con el electrodo de plata 19 de la superficie trasera) quedan firmemente unidos entre sí para impedir de manera efectiva la separación de los electrodos (la separación de la aleación).

Segunda Forma de Realización

50 En el capítulo de una segunda forma de realización, se expone la célula solar de acuerdo con otra forma de realización de la presente invención. En la primera forma de realización descrita con anterioridad, el grosor del

electrodo de aluminio 17 es uniforme; sin embargo, el grosor del electrodo de aluminio 17 no es necesariamente uniforme de acuerdo con la presente invención.

5 En la presente invención cuando, por ejemplo, el grosor del electrodo de plata 19 de la superficie trasera es fijo, es necesario incrementar el grosor del electrodo de aluminio 17. En este caso, el consumo de la pasta de aluminio se incrementa, lo se traduce en unos elevados costes de fabricación. Así mismo, el electrodo de aluminio más grueso 17 incrementa la deformación del sustrato provocada por los esfuerzos generados por el calentamiento o el enfriamiento.

10 Para evitar los problemas expuestos, es eficaz incrementar el grosor del electrodo de aluminio solo en un área superpuesta 31 del electrodo de aluminio 17 y del electrodo de plata 19 de la superficie trasera, tal y como se muestra en la Fig. 6, o incrementar el grosor del electrodo de aluminio solo en un área superpuesta del electrodo de aluminio 17 y del electrodo de plata 19 de la superficie trasera con su área vecina 33, tal y como se muestra en la Fig. 7. Una estructura básica de la célula solar de acuerdo con la mostrada en las Figs. 6 y 7 es similar a la de la célula solar de acuerdo con la primera forma de realización descrita con anterioridad, excepto por la superposición del electrodo de aluminio 17 y del electrodo de plata 19 de la superficie trasera y, por consiguiente, puede hacerse referencia a la descripción de la primera forma de realización.

15 La fabricación del electrodo de aluminio 17 referida con anterioridad, puede hacerse realidad mediante el incremento del grosor de la emulsión de la máscara de tamiz para la constitución de un electrodo, lo cual se describe en la primera forma de realización, en un área vecina respecto del área superpuesta 31 del electrodo de aluminio 17 y del electrodo de plata 19 de la superficie trasera, o en un área vecina al área superpuesta del electrodo de aluminio 17 y del electrodo de plata 19 de la superficie trasera con su área vecina 33.

20 APLICABILIDAD INDUSTRIAL

De acuerdo con lo escrito con anterioridad, la célula solar de acuerdo con la presente invención resulta de utilidad como célula solar configurada con un electrodo de aluminio y un electrodo de plata para extraer energía eléctrica parcialmente superpuestos entre sí.

REIVINDICACIONES

1. Una célula solar que comprende:
- 5 un sustrato de conversión fotoeléctrica (10) que incluye una primera superficie y una segunda superficie;
- un primer electrodo (21) dispuesto sobre la primera superficie;
- un segundo electrodo (17) dispuesto sobre la segunda superficie; y
- 10 un tercer electrodo (19) que extrae energía eléctrica del segundo electrodo (17), y que está dispuesto sobre una segunda superficie con una porción periférica que se superpone sobre el segundo electrodo (17) en una dirección en el plano del sustrato de conversión fotoeléctrica (10), en la que después de la cocción
- el grosor del segundo electrodo (17) es mayor que el grosor del segundo electrodo (19), y la diferencia entre el grosor del segundo electrodo (17) y el grosor del tercer electrodo (19) no es inferior a 10 micrómetros y no es superior de 30 micrómetros,
- 15 en la que
- el segundo electrodo (17) incluye un electrodo de aluminio, y
- el tercer electrodo (19) incluye un electrodo de plata.
2. La célula solar de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el grosor del segundo electrodo (17) es mayor que el grosor del tercer electrodo (19) solo en el área en la que el segundo electrodo (17) se superpone al tercer electrodo (19).
- 20 3. Un procedimiento de fabricación de una célula solar que incluye un sustrato de conversión fotoeléctrica (10) que presenta una primera superficie y una segunda superficie, comprendiendo el procedimiento:
- la formación de un primer electrodo (21) sobre la primera superficie;
- la formación de un segundo electrodo (17) sobre la segunda superficie;
- 25 la formación de un tercer electrodo (19) que extrae energía eléctrica del segundo electrodo (17) situado sobre la segunda superficie con una porción periférica que se superpone al segundo electrodo (17) en una dirección en el plano del sustrato de conversión fotoeléctrica (10), en la que después de la cocción
- 30 el grosor del segundo electrodo (17) es mayor que el grosor del tercer electrodo (19), y la diferencia entre el grosor del segundo electrodo (17) y el grosor del tercer electrodo (19) no es inferior a 10 micrómetros y no es superior a 30 micrómetros,
- en la que
- el segundo electrodo incluye un electrodo de aluminio, y
- el tercer electrodo incluye un electrodo de plata.
- 35 4. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, en el que el grosor del segundo electrodo es mayor que el grosor del tercer electrodo (19) solo en un área en la que el segundo electrodo (17) se superpone al tercer electrodo.

FIG.1-1

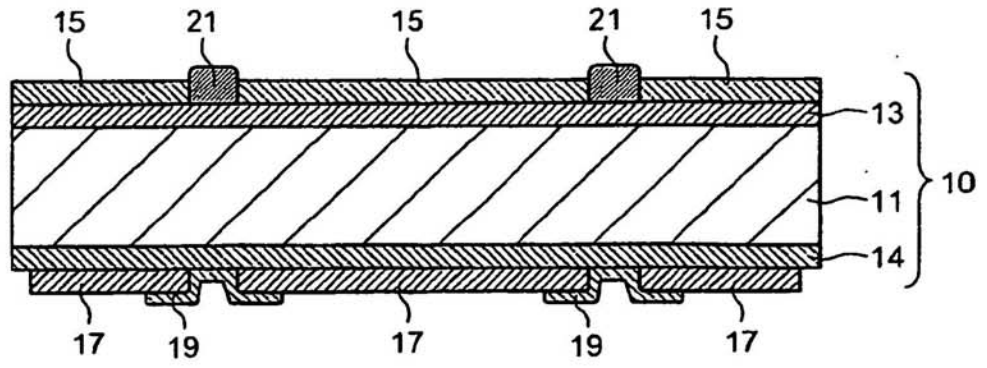


FIG.1-2

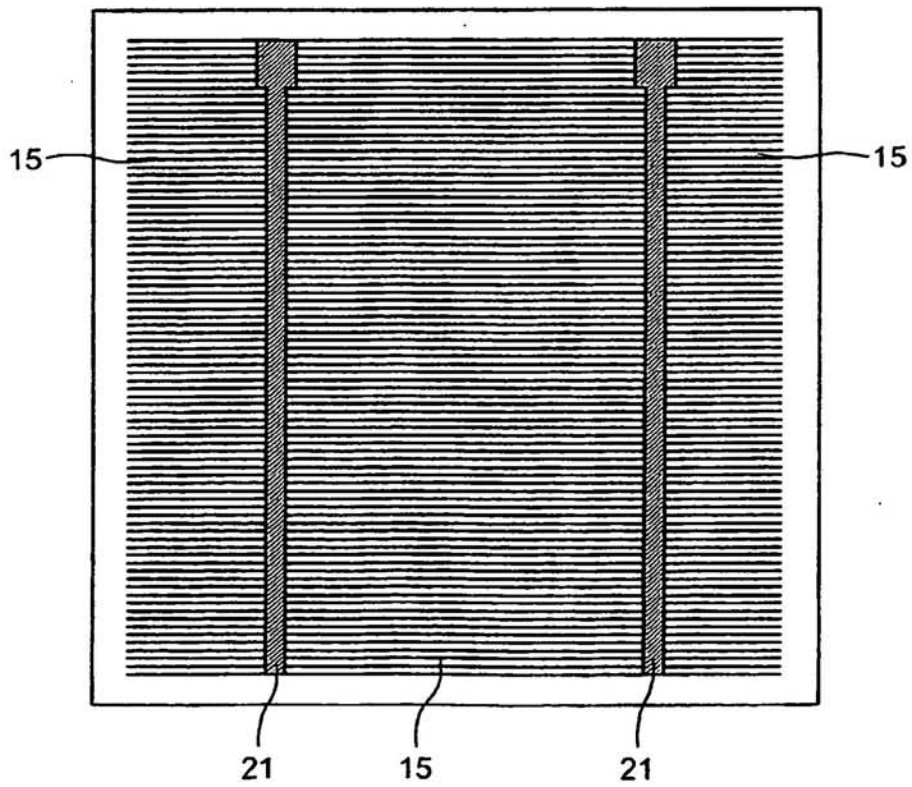


FIG.1-3

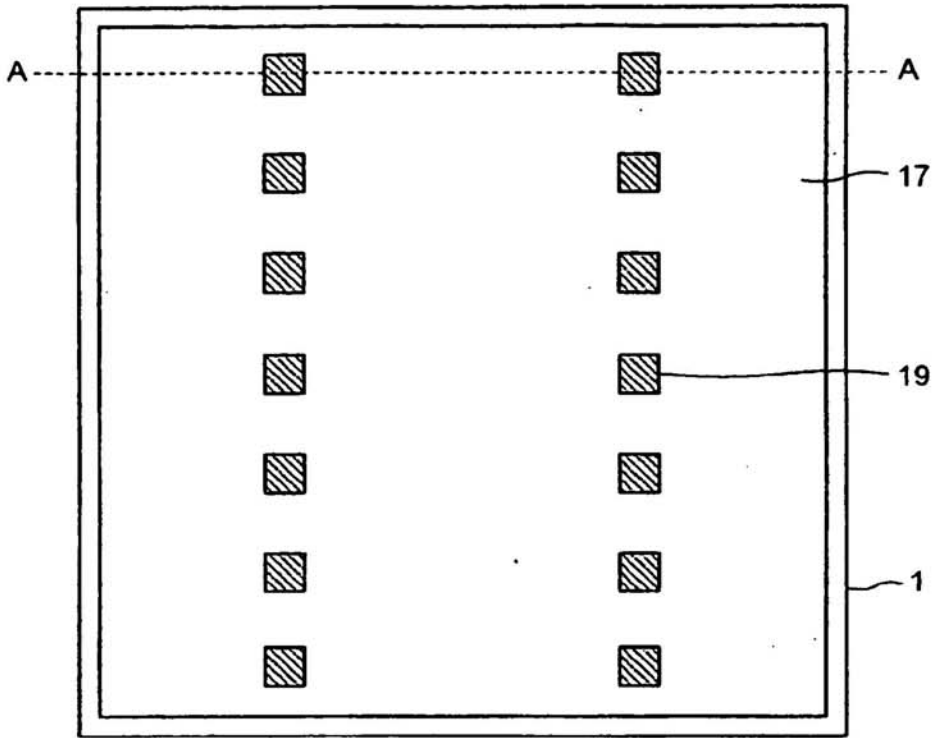


FIG.1-4

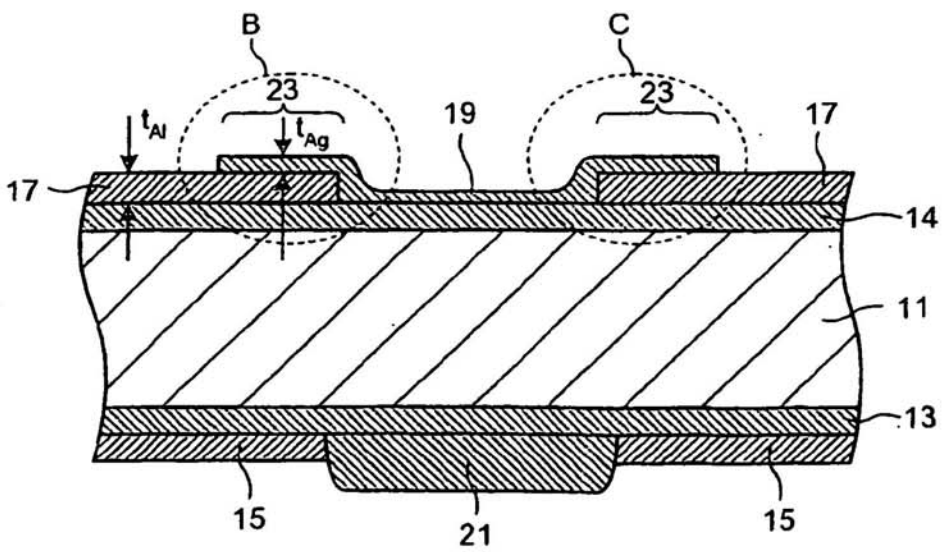


FIG.2

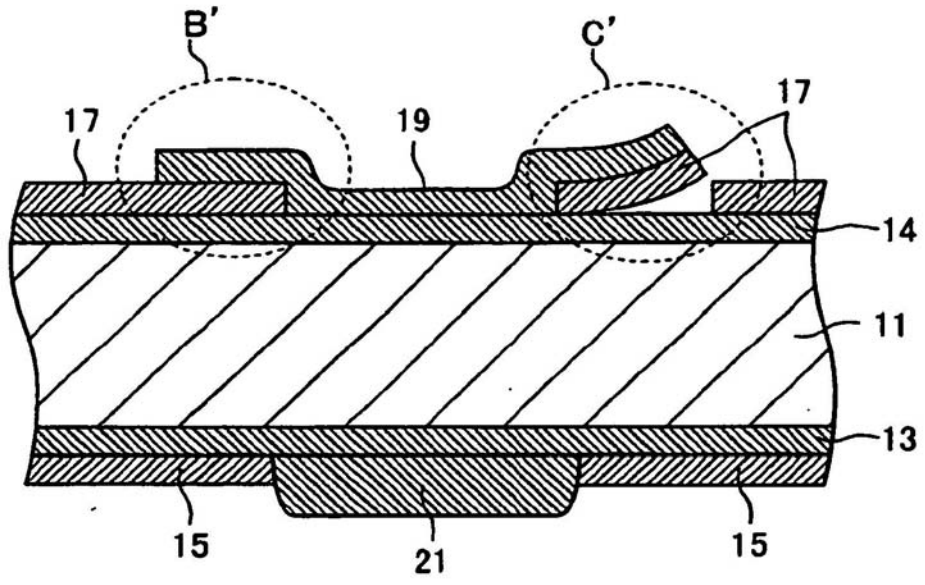


FIG.3

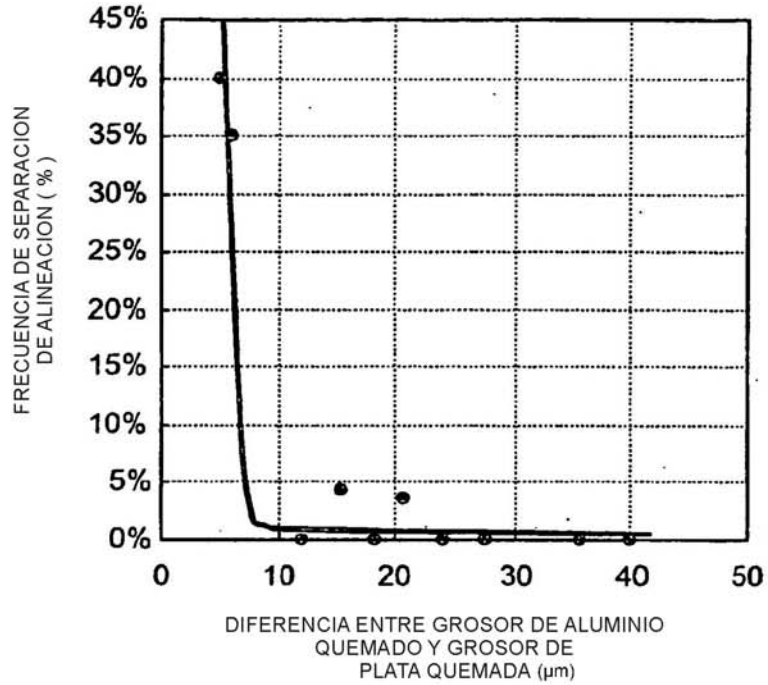


FIG.4

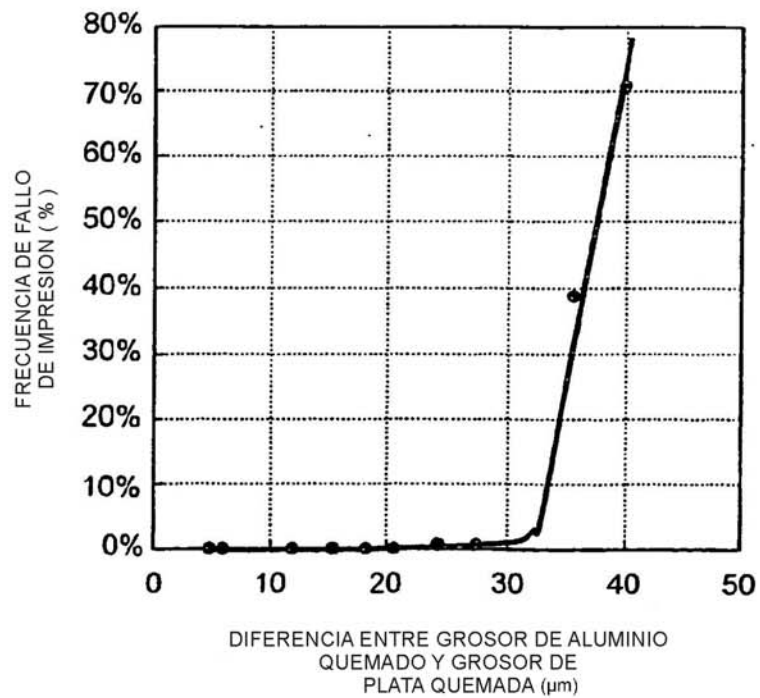


FIG.5-1

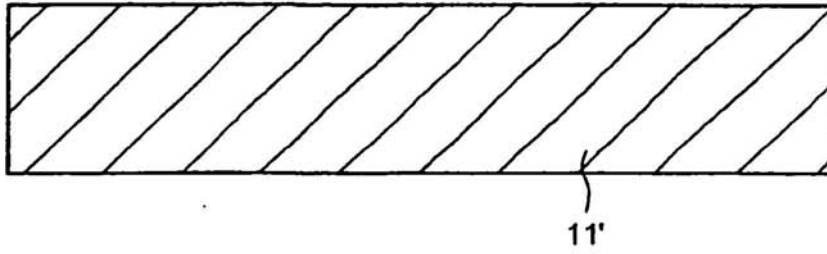


FIG.5-2

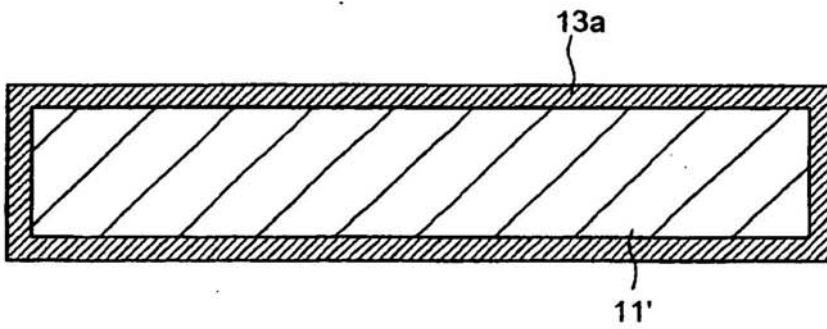


FIG.5-3

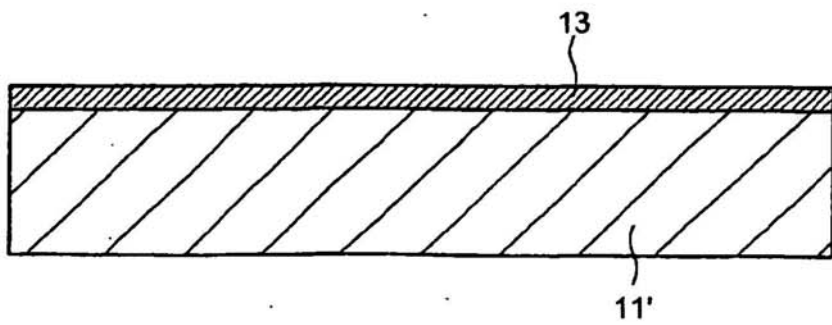


FIG.5-4

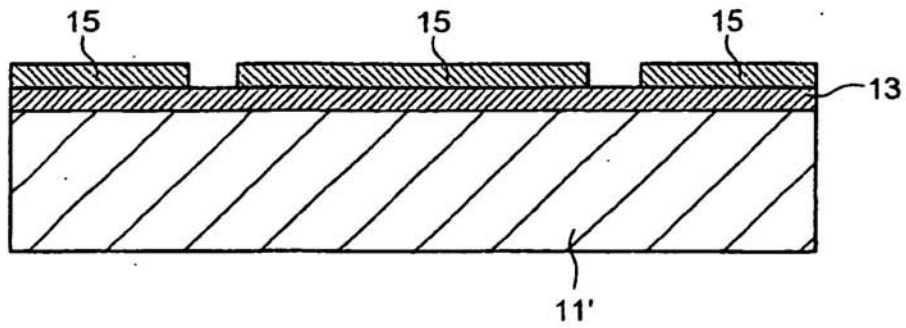


FIG.5-5

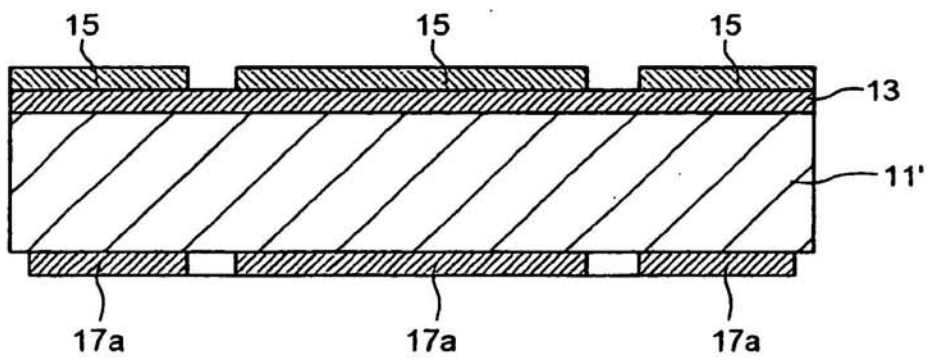


FIG.5-6

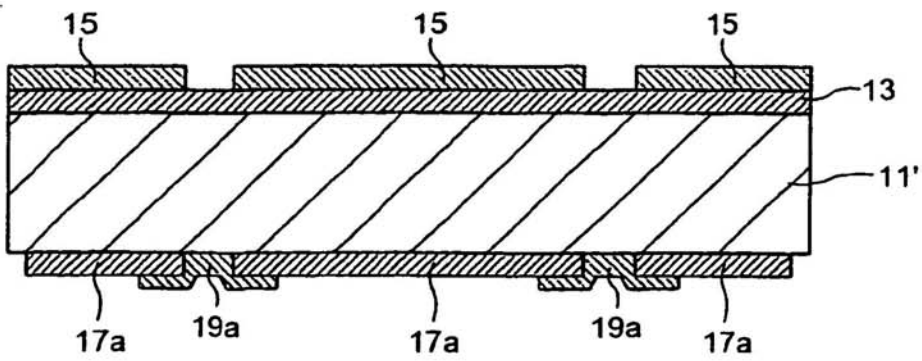


FIG.5-7

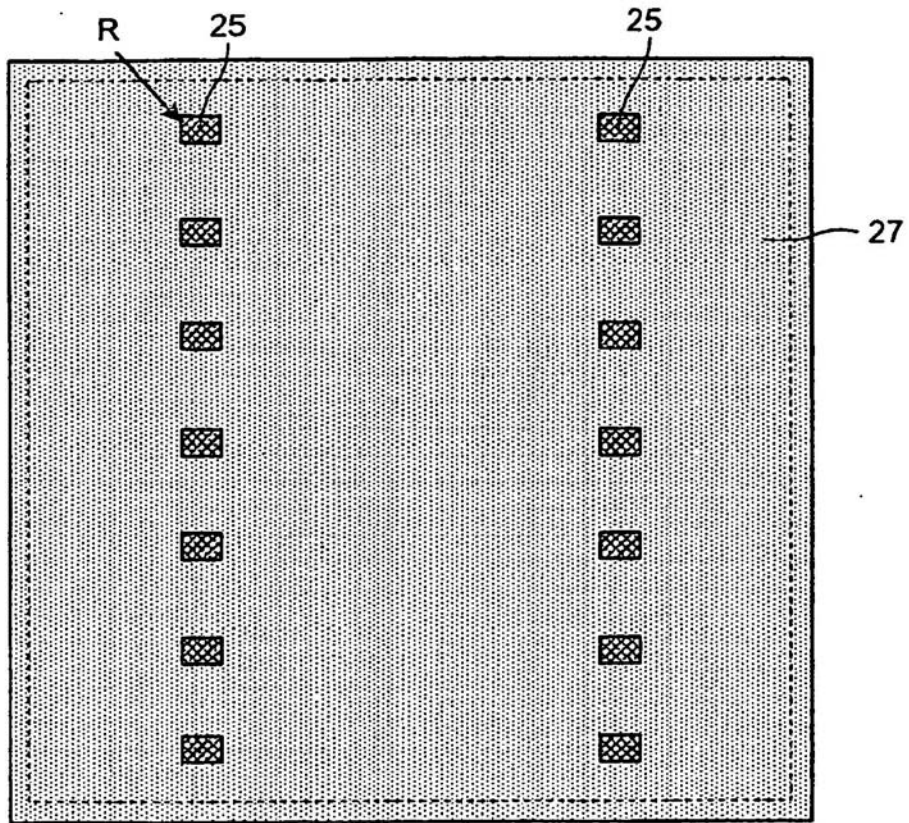


FIG.5-8

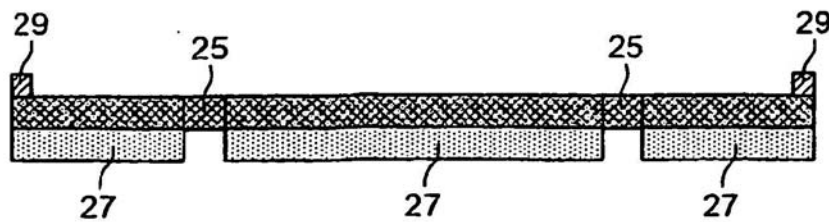


FIG.5-9

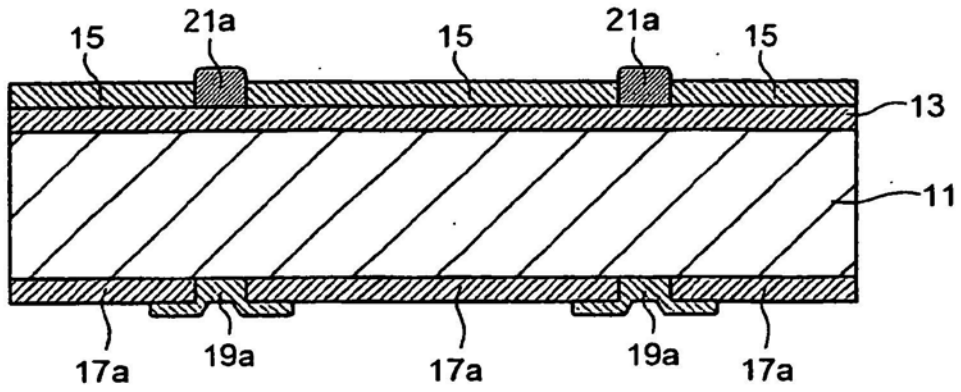


FIG.5-10

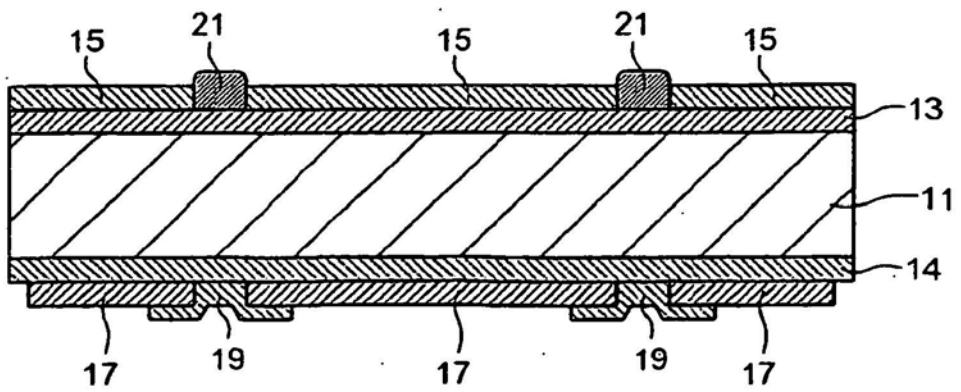


FIG.6

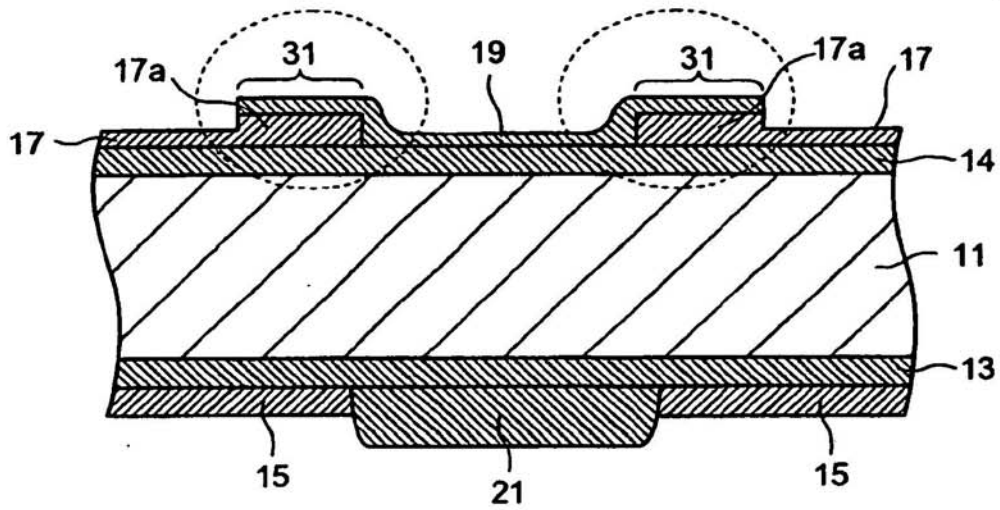


FIG.7

