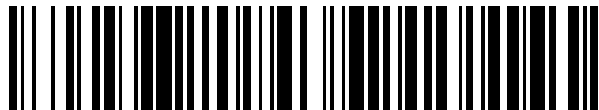


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 581 783**

51 Int. Cl.:

H01L 31/0224 (2006.01)

H01L 31/05 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.05.2005** **E 05741062 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.05.2016** **EP 1758175**

54 Título: **Cable de electrodo para batería solar**

30 Prioridad:

21.05.2004 JP 2004152538

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

07.09.2016

73 Titular/es:

HITACHI METALS, LTD. (100.0%)
2-1, Shibaura 1-chome
Minato-ku Tokyo, JP

72 Inventor/es:

SHIOMI, KAZUHIRO;
ISHIO, MASAOKI y
FUJITA, TOSHIKI

74 Agente/Representante:

MIR PLAJA, Mireia

ES 2 581 783 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

Cable de electrodo para batería solar

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a un cable de electrodo para ser utilizado como un cable de conexión de los cables para una célula solar.

10 **Técnica anterior**

Una célula solar incluye un sustrato semiconductor de un semiconductor de silicio que tiene uniones PN, y un cable de conexión de cable soldado a una banda de soldadura disponible en una pluralidad de electrodos de superficie frontal recta dispuesta en una superficie frontal del sustrato semiconductor. Para el uso, una pluralidad de tales células solares está conectada en general en serie para proporcionar una fuerza electromotriz deseada. Para la conexión en serie, una superficie (una superficie inferior) de un cable de conexión de los cables está soldada a un electrodo de superficie frontal de una célula solar, y la otra superficie (una superficie superior) del cable de conexión del cable está soldada a un electrodo de superficie trasera relativamente grande de una célula solar adyacente.

Usado convencionalmente como un material para el cable de conexión de los cables es un cable de electrodo que incluye un material del núcleo de un cable de cobre aplanado preparado haciendo rodar un cable de cobre tenaz que tiene una sección transversal redonda, y las capas de soldadura de chapado por inmersión en caliente formadas sobre las superficies del material del núcleo. La formación de las capas de soldadura de chapado por inmersión en caliente se logra mediante el empleo de un método de chapado por inmersión en caliente para el recubrimiento de cable de cobre aplanado. Es decir, las superficies del cable de cobre aplanado se limpian con un ácido o similares, y el cable de cobre aplanado se sumerge en un baño de soldadura fundido, donde se forman las capas de soldadura de placas sobre las superficies del material del núcleo del cable de cobre aplanado. Las capas de soldadura de chapado por inmersión en caliente tienen cada una una forma de montículo que sobresale de los bordes laterales de una porción media del material del núcleo por la tensión superficial que se produce cuando se solidifica la soldadura fundida adherida al material del núcleo.

Cuando el cable de electrodo se suelda al sustrato semiconductor, la temperatura de calentamiento está estrictamente controlada a una temperatura inferior alrededor del punto de fusión de la soldadura. Esto se debe a que hay una diferencia en el coeficiente de expansión térmica entre el cobre para el material del núcleo del cable de electrodo y el silicio como material ejemplar para el sustrato semiconductor. Es decir, el cable de electrodo es soldado a una temperatura inferior con el fin de minimizar una tensión térmica que de otro modo causaría grietas en el sustrato semiconductor caro.

En un caso convencional, el sustrato semiconductor tiene un espesor de aproximadamente 300 μm . En los últimos años, sin embargo, el sustrato semiconductor tiende a reducirse a la mitad como espesor reducido para la reducción de costes. Un sustrato semiconductor utilizado recientemente tiene un espesor de aproximadamente 250 μm . Por lo tanto, el cable de electrodo empleando el cable aplanado convencional como el material del núcleo es susceptible de provocar grietas en el sustrato semiconductor durante la soldadura. Para la prevención del agrietamiento, un material eléctricamente conductor que tiene una menor diferencia en la expansión térmica del material del sustrato semiconductor se ha empleado recientemente para el material del núcleo. En JP-A-60-15937 (Documento de Patente 1), por ejemplo, se propone un material de revestimiento como el material conductor de la electricidad, que incluye una capa intermedia de Invar o una aleación de Fe y Ni (que tiene una composición típica de Fe - 36 % de Ni) y capas de cobre dispuestas en superficies opuestas de la capa intermedia. Además de Invar, Kovar (marca registrada) o una aleación de Fe-Ni-Co se emplea como la aleación de expansión térmica más baja.

En el documento JP-A-59-204547 (Documento de Patente 2) y JP-A-59-204548 (Documento de Patente 3), los materiales revestidos a base de cobre de aluminio cada uno incluyendo una capa de cromo o una capa de zinc formada en una interfaz de unión entre una de aluminio o de material de aleación de aluminio y un material de cobre o aleación de cobre se proponen como un material de bastidor conductor para un dispositivo semiconductor, a pesar de que se utilizan en un campo diferente del campo de las células solares.

Documento de Patente 1: Publicación de Patente Japonesa No Examinada n.º 60-15937 (1985)

Documento de Patente 2: Publicación de Patente Japonesa No Examinada n.º 59-204547 (1984)

Documento de Patente 3: Publicación de Patente Japonesa No Examinada n.º 59-204548 (1984)

El documento JP-A-2001352014 da a conocer cables de los electrodos que son láminas de metal (terminales de metal) de un chip semiconductor. Además, se proporciona un electrodo de barras colectoras que recogen electricidad a partir de electrodos de colector. El electrodo de barras está hecho de una lámina de cobre plateado y no tiene una capa de soldadura de recubrimiento por inmersión en caliente. La lámina de cobre de la lámina de cobre chapada en plata que forma el electrodo de barras colectoras se trabajó en una forma de una lámina.

"Data Book of Wrought Copper and Copper Alloy Products" de Japan Copper and Brass Association da a conocer las características generales de cobre libre de oxígeno y, en particular, las relaciones entre la temperatura de templado y la tensión de prueba, como se muestra en las figuras 5.4-3 y 5.4-4.

5 Descripción de la invención

Problemas a resolver por la invención

10 El cable de electrodo (que a veces se hace referencia como "cable de electrodo revestido") que utiliza el material de revestimiento como el material del núcleo como se describe en el Documento de Patente 1 de hecho alivia la tensión térmica que ocurre en el sustrato semiconductor, pero tiene un aumento de la resistencia eléctrica media para reducir la eficiencia de generación de energía de la célula solar, porque la capa intermedia está hecha de un material de aleación tal como la aleación de Fe-Ni o de la aleación de Fe-Ni-Co, que tiene una resistividad relativamente alta de volumen.

15 Los materiales revestidos con base de aluminio y cobre de los Documentos de patente 2 y 3 se utilizan en un campo de aplicación diferente del campo de aplicación del cable de electrodo de célula solar. Además, el aluminio se expone en una superficie de dicho material de revestimiento, lo que hace imposible formar la capa de soldadura de chapado por inmersión en caliente en la superficie.

20 En vista de los problemas antes mencionados, es un objeto de la presente invención proporcionar un cable de electrodo para una célula solar, que es utilizable como una alternativa al cable de electrodo revestido convencional y menos susceptible de causar grietas en un sustrato semiconductor de células solares durante soldadura, y sin embargo, tiene una excelente conductividad eléctrica.

25 Medios para resolver los problemas

30 Un cable de electrodo según la invención para un cable de conexión de los cables a soldar a una pluralidad de electrodos de superficie frontal dispuestos sobre una superficie frontal de un sustrato semiconductor para una célula solar comprende un material del núcleo se compone de un material de cobre puro templado que tiene un contenido de oxígeno no mayor que 20 ppm y que tiene una resistividad de volumen no mayor que $2,3 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ y un límite de elasticidad de no menos de 19,6 MPa y no mayor que 85 MPa, y una inmersión capa de siembra de soldadura en caliente dispuesta sobre una superficie del material del núcleo.

35 En el cable de electrodo de célula solar, la tensión de prueba del material del núcleo no es menor que 19,6 MPa y no mayor que 85 MPa. Por lo tanto, el cable de electrodo puede ser manejado fácilmente en un proceso de soldadura de chapado por inmersión en caliente y los procesos posteriores sin una deformación excesiva del mismo. Además, cuando el cable de electrodo se suelda al sustrato semiconductor, el estrés térmico que se produce en el sustrato semiconductor durante la solidificación puede ser aliviado por la autodeformación del plástico del cable de electrodo que surge de la tensión térmica. Por lo tanto, el agrietamiento es poco probable que ocurra en el sustrato semiconductor. Dado que la resistividad de volumen no es mayor que $2,3 \mu\Omega \cdot \text{cm}$, el cable de electrodo es excelente en conductividad eléctrica y en eficiencia de generación de energía.

45 En el cable de electrodo, el material del núcleo se compone preferiblemente de un material de cobre puro templado que tiene un contenido de oxígeno de no más de 20 ppm. Con el uso del material templado, los costes de producción se pueden reducir significativamente en comparación con el cable de electrodo revestido convencional. En contraste con el cable de electrodo revestido que emplea el material de revestimiento como el material del núcleo, el cable de electrodo empleando un material de una sola capa como el material del núcleo es referido a veces como "cable de electrodo de una sola capa".

50 En lugar del material del núcleo de una sola capa, se puede usar un material del núcleo revestido que incluye una capa intermedia y una primera capa superficial y una segunda capa superficial dispuesta sobre superficies opuestas de la capa intermedia. Mediante el empleo de materiales adecuados para el material del núcleo revestido, la resistividad volumétrica media y el límite de elasticidad media se fijan fácilmente dentro de los rangos antes mencionados, mediante los cuales se pueden proporcionar diferentes tipos de cables de los electrodos revestidos. En este caso, donde la primera y segunda capas superficiales se componen del mismo material y tienen el mismo espesor, se impide que el cable de electrodo se deforme térmicamente en la soldadura, mejorando así la eficiencia de la operación de soldadura.

60 La primera capa de superficie y la segunda capa de superficie se componen preferiblemente de Cu puro o una aleación de Cu que comprende principalmente Cu, y la capa intermedia está compuesta preferiblemente de Al puro o una aleación de Al que comprende principalmente Al. Estos materiales están fácilmente disponibles a costes más bajos, por lo que es posible proporcionar el cable de electrodo revestido de la invención a menores costes. Cuando se utilizan estos materiales en combinación, la capa intermedia tiene preferiblemente un espesor que no es menor que el 10 % y no mayor que el 50 % de todo el espesor del material revestido. Si el porcentaje del espesor es menor

que el 10 %, es difícil asegurar la resistencia de prueba en el intervalo mencionado anteriormente. Si el porcentaje del espesor es mayor que el 50 %, es difícil asegurar la resistividad volumétrica en el intervalo mencionado anteriormente.

5 En el cable de electrodo de una sola capa y el cable de electrodo revestido según la presente invención, los materiales del núcleo preferiblemente tienen cada uno una porción rebajada dispuesta a lo largo de una dirección longitudinal del material del núcleo para el almacenamiento de soldadura fundida y la capa de soldadura de chapado por inmersión en caliente se encuentra en la porción rebajada. Con la provisión de la porción rebajada de almacenamiento de la soldadura por inmersión en caliente, la porción media de la soldadura fundida que se
10 suministra en la porción rebajada es menos susceptible de hincharse cuando se solidifica, de modo que la capa de soldadura de chapado por inmersión en caliente se aplana. Esto mejora la capacidad de soldadura del cable de electrodo para asegurar una excelente capacidad de unión.

15 Un ancho de la abertura de la porción rebajada para el almacenamiento de soldadura por inmersión en caliente tal como se mide transversalmente del material del núcleo es preferiblemente de no menos del 90 % de la anchura del material del núcleo. Cuando la anchura de la abertura de la porción rebajada no es menos del 90 % de la anchura del material del núcleo, el material de soldadura fundido suministrado en la porción rebajada para el almacenamiento de soldadura por inmersión en caliente se aplana fácilmente a través de la anchura del material del núcleo al ser solidificado. Esto mejora la capacidad de soldadura.

20 Una célula solar empleando el cable de electrodo de la invención incluye un sustrato semiconductor de un semiconductor que tiene uniones PN y un cable de conexión de los cables soldados a una pluralidad de electrodos de superficie frontal dispuesto sobre una superficie frontal del sustrato semiconductor, en el que el cable de conexión del cable es el cable de electrodo de una sola capa o cable de electrodo revestido descrito anteriormente. Cuando el
25 cable de electrodo que tiene la porción rebajada para el almacenamiento de soldadura por inmersión en caliente se utiliza como el cable de conexión de los cables, el cable de conexión del cable está soldado con la capa de chapado de soldadura por inmersión en caliente en la porción rebajada. En la célula solar, el sustrato semiconductor de la célula solar es menos susceptible de ser agrietada, debido a que el cable de conexión de los cables tiene las características, acciones y efectos proporcionados por el cable de electrodo. Además, la célula solar es excelente en
30 conductividad eléctrica y por lo tanto en la eficiencia de generación de energía.

Breve descripción de los dibujos

35 La figura 1 es una vista en sección transversal de cable de electrodo de una sola capa de acuerdo con una primera realización de la presente invención;

La figura 2 es una vista en sección transversal de un cable de electrodo revestido de acuerdo con una segunda realización de la presente invención;

La figura 3 es una vista en sección transversal de un cable de electrodo revestido que tiene una porción rebajada para el almacenamiento de soldadura por inmersión en caliente de acuerdo con la presente invención;

40 La figura 4 es una vista en sección transversal de otro cable de electrodo revestido que tiene una porción rebajada para el almacenamiento de soldadura por inmersión en caliente de acuerdo con la presente invención; y
La figura 5 es una vista en perspectiva esquemática de una célula solar empleando cables de los electrodos de la invención.

45 Descripción de caracteres de referencia

1, 1A, 1B: cables de los electrodos

2, 2A: materiales de núcleo

3A, 3B, 3C: capas de chapado caliente de soldadura por inmersión en

50 4: capa intermedia

5A, 5B: capas de cobre (primera capa superficial y la segunda capa superficial)

6, 6A: porciones rebajadas para el almacenamiento de soldadura por inmersión en caliente

Mejor modo de llevar a cabo la invención

55 Cables de electrodo de acuerdo con realizaciones de la presente invención se describirán a continuación con referencia a los dibujos.

60 La figura 1 es un cable de electrodo de una sola capa 1 de acuerdo con una primera realización. El cable de electrodo 1 incluye un material del núcleo 2 que tiene una forma de placa alargada, y capas de chapado de soldadura por inmersión en caliente 3A, 3B dispuestas en una superficie frontal y una superficie trasera del material del núcleo 2. El material del núcleo 2 se compone de un metal de resistencia de prueba inferior que tiene una resistividad de volumen no mayor que $2,3 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ y un límite de elasticidad de no menos de 19,6 MPa y no mayor que 85MPa, más preferiblemente no menos de 19,6 MPa y no mayor de 49 MPa. Las capas de chapado de
65 soldadura por inmersión en caliente están inevitablemente también formadas en las superficies laterales del material

del núcleo, pero que no se muestran en la figura 1. Esto es lo mismo en las figuras que ilustran otras formas de realización que se describirán más adelante.

5 Cualquiera de los diversos materiales de metal, como el cobre puro y plata pura, que tienen una excelente conductividad eléctrica y capacidad de soldadura pueden ser utilizados para el material del núcleo 2, pero se prefiere el cobre puro en términos de costes de material. El material de cobre tiene preferiblemente la pureza más alta posible, preferiblemente una pureza de 99,9 % en masa o superior. Entre otras impurezas, el oxígeno funciona aumentando la resistencia de prueba, incluso si una cantidad muy pequeña de oxígeno está presente en el material de cobre. Por lo tanto, el contenido de oxígeno es preferentemente el nivel más bajo posible, y los materiales de
10 cobre, tales como cobre libre de oxígeno (OFHC) y cobre refinado por el método de fusión de vacío, que tienen un contenido de oxígeno de no más de 20 ppm son los preferidos.

La figura 2 es un cable de electrodo revestido 1A de acuerdo con una segunda forma de realización. El cable de electrodo 1A incluye un material del núcleo 2A de un material de revestimiento que tiene una forma de placa alargada, y las capas de soldadura de chapado por inmersión en caliente 3A, 3B dispuestas en una superficie frontal y una superficie trasera del material del núcleo 2A. El material del núcleo 2A incluye una capa intermedia 4 de un material de aluminio, y una primera capa superficial 5A y una segunda capa superficial 5B de un material de cobre dispuestas en superficies opuestas de la capa intermedia 4. El material del núcleo 2A tiene una resistividad de volumen medio de no más de $2,3 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ y una resistencia de prueba promedio de no menos de 19,6 MPa y no mayor que 85 MPa, preferiblemente no menos de 19,6 MPa y no mayor que 49 MPa. Cuando sólo una superficie del cable de electrodo se va soldar a los electrodos sobre un sustrato semiconductor, es suficiente proporcionar la capa de cobre en una sola de las superficies de la capa intermedia 4.
15
20

El material de aluminio es preferiblemente de aluminio puro que tiene un contenido de Al de no menos de aproximadamente 99,0 % en masa, más preferiblemente no menos de 99,9 % en masa, o una aleación de aluminio que tiene el contenido de Al antes mencionado. Ejemplos del material de aluminio incluyen los especificados por JIS 1050, 1060, 1085, 1080, 1070, 1N99 y 1N90. Por otra parte, el material de cobre que es preferentemente de cobre puro tiene un contenido de Cu de no menos de aproximadamente 99,0 % en masa, más preferiblemente no menos de 99,9 % en masa, o una aleación de cobre que tiene el contenido de Cu mencionado anteriormente. En particular, el cobre puro que tiene un contenido de oxígeno de no más de 20 ppm tiene una resistencia a prueba inferior y se prefiere.
25
30

La capa intermedia 4 tiene preferiblemente un espesor que no es menor que 10 % y no mayor que 50 % de todo el espesor del material del núcleo 2A. Un espesor de menos de 10 % del espesor del material del núcleo no es deseable, porque el material de revestimiento tendrá una tensión de prueba al medio mayor de 85 MPa. Por otra parte, un espesor mayor que 50 % del espesor del material del núcleo también es indeseable, debido a que el material de revestimiento tendrá una resistividad de volumen medio de más de $2,3 \mu\Omega \cdot \text{cm}$. La primera y segunda capas superficiales 5A, 5B tienen preferiblemente el mismo grosor. Cuando la primera y segunda capas superficiales 5A, 5B tienen el mismo espesor, se impide que el cable de electrodo se deforme térmicamente en la soldadura.
35
40

Se puede usar como el material del núcleo 2 del cable de electrodo de una sola capa 1 una placa alargada formada al haber aplanado superficies opuestas enrollando un cable de sección redonda, y una placa alargada preparada mediante el corte longitudinal de una lámina de una sola capa enrollada en una pluralidad de placas alargadas. Por otro lado, el material del núcleo del cable de electrodo revestido antes mencionado se prepara mediante el corte longitudinal de una lámina de revestimiento que tiene la misma construcción en sección en una pluralidad de placas alargadas. La lámina de revestimiento se prepara fácilmente por el apilamiento de una lámina de aluminio y láminas de cobre a las capas respectivas, a continuación, enrollando la pila resultante entre un par de rodillos de prensado en frío o caliente, y templando el material de prensa unido resultante de aproximadamente 200 °C a aproximadamente 500 °C durante varias decenas de segundos a varios minutos para la difusión.
45
50

Cuando las materias primas se trabajan para formar el material del núcleo 2, 2A, el material del núcleo experimenta un endurecimiento de trabajo, teniendo de ese modo un aumento de la resistencia de prueba. Por lo tanto, es deseable templar suficientemente el material del núcleo para ablandarlo con el fin de ajustar la resistencia de prueba en el intervalo de no menos de 19,6 MPa y no mayor que 85 MPa. Puesto que el cable de electrodo tiene típicamente un espesor de aproximadamente 100 μm a aproximadamente 300 μm , el templado se realiza suficientemente a aproximadamente 500 °C para el material revestido de Cu/Al/Cu o a aproximadamente 900 °C para el material de una sola capa de Cu, respectivamente, para aproximadamente un minuto.
55

El templado de ablandamiento puede realizarse en el material del núcleo preparado mediante el corte longitudinal de la lámina de una sola capa o el laminado en la lámina revestida en placas alargadas y el corte de las placas alargadas a una longitud adecuada. Alternativamente, la lámina mencionada anteriormente puede ser templada primero para ablandarla (también para la difusión en este caso), y cortada longitudinalmente luego y cortada para formar el material del núcleo. Cuando la resistencia de prueba de la placa alargada se fija en un nivel no inferior a aproximadamente 19,6 MPa y no mayor de aproximadamente 49 MPa, es más preferido el primer método. Por otra
60

parte, cuando la resistencia de prueba de la placa alargada se fija en un nivel mayor de aproximadamente 49 MPa y no mayor de aproximadamente 85 MPa, se emplea el último método, que es ventajoso para la producción en masa.

5 La placa alargada preparada de la manera anteriormente mencionada, es decir, el material del núcleo, se sumerge después en un baño de chapado regulado a una temperatura de soldadura de chapado por inmersión en caliente, por lo que las capas de soldadura de chapado por inmersión en caliente 3A, 3B se forman sobre las superficies del material del núcleo. Una aleación de soldadura para las capas de chapado de soldadura por inmersión en caliente 3A, 3B se describirá más adelante. La temperatura de soldadura de chapado por inmersión en caliente se regula a una temperatura superior en aproximadamente 50 °C a aproximadamente 100 °C que el punto de fusión de la aleación de soldadura. Mediante el ajuste de este modo la temperatura en el nivel superior, puede ser proporcionado un efecto de templado. Por lo tanto, donde el templado se lleva a cabo antes que el corte longitudinal, la temperatura de soldadura de chapado por inmersión en caliente se establece preferiblemente en el nivel más alto.

15 El material del núcleo 2, 2A del cable de electrodo de una sola capa 1 o del cable de electrodo revestido 1A tiene una forma de sección rectangular simple como se muestra en las figuras 1 o 2. Sin embargo, el material del núcleo revestido 2A, por ejemplo, está configurado preferiblemente de tal manera que tenga una sección transversal como un platillo, como se muestra en la figura 3, que tiene una porción central plana rebajada proporcionada en un lado (un lado inferior en esta figura) de la sección transversal. La porción rebajada se define como una porción rebajada de almacenamiento de soldadura por inmersión en caliente 6. La porción rebajada tiene preferiblemente una profundidad de no menos de aproximadamente 10 µm y no mayor que aproximadamente 30 µm en la parte más profunda de la misma, y una anchura (un ancho de la abertura en la superficie inferior) que es no inferior a aproximadamente 90 % de la anchura del material del núcleo 2A. El límite superior de la anchura no está particularmente limitado, pero la porción rebajada puede estar abierta en todo el ancho de la superficie inferior.

25 En el caso de un cable de electrodo 1B que tiene la anteriormente mencionada porción rebajada de almacenamiento de soldadura por inmersión en caliente 6, la soldadura fundida se suministra en la porción rebajada 6 para llenar sustancialmente la porción rebajada 6 cuando el material del núcleo 2A está chapado con chapado por soldadura por inmersión en caliente. Por lo tanto, una capa de chapado de soldadura por inmersión en caliente 3C se forma en la porción rebajada 6 teniendo una superficie generalmente plana. Puesto que la superficie de la capa de chapado de soldadura por inmersión en caliente 3C es generalmente plana, se mejora la capacidad de soldadura.

35 Con el fin de llenar sustancialmente la porción rebajada 6 con el material de soldadura fundido suministrado, la temperatura del baño de soldadura fundida y la velocidad de chapado para el chapado de soldadura por inmersión en caliente están correctamente controladas, o un exceso de la soldadura fundida se acumulará de la abertura de la porción rebajada 6 después de que el material del núcleo 2A se sumerge en el baño de soldadura fundida se sopla por aire caliente o se rasca mediante un elemento de rascado apropiado.

40 La porción rebajada de almacenamiento de soldadura por inmersión en caliente 6 se forma fácilmente por trabajo del material del núcleo en forma de placa alargada por un método adecuado, como un método de trabajo plástico o de un método de flexión. Por ejemplo, el trabajo del material de placa alargada se consigue fácilmente pasando el material de la placa alargada entre rodillos de troquel que están separados uno del otro para definir un espacio que tiene una sección transversal en forma de platillo. Alternativamente, cuando la lámina de material se corta longitudinalmente en placas alargadas, los bordes laterales de las placas alargadas pueden doblarse mediante el control de la distancia entre las cuchillas giratorias de un cortador longitudinal y/o la velocidad de rotación de las cuchillas giratorias.

50 En la forma de realización descrita anteriormente, el material del núcleo 2A del cable de electrodo 1B tiene una sección transversal a modo de platillo de tal manera que la porción rebajada 6 tiene la parte inferior central plana, pero la forma de la sección no se limita a la forma de la sección a modo de platillo. Por ejemplo, como se muestra en la figura 4, el material del núcleo 2A puede tener una sección transversal totalmente curvada. En este caso, la porción rebajada de almacenamiento de soldadura por inmersión en caliente 6A tiene una superficie inferior curvada. La forma de sección sencilla a modo de platillo o curvada del material del núcleo puede ser proporcionada mediante un trabajo fácil, y es ventajosa para la productividad industrial.

55 En la realización descrita anteriormente, el material del núcleo revestido 2A se usa como el material del núcleo que tiene la porción rebajada de almacenamiento de soldadura por inmersión en caliente, pero el material del núcleo de una sola capa enrollada puede ser utilizado. Como en el caso del cable de electrodo de una sola capa, el templado del material del núcleo de una sola capa enrollada o el material del núcleo revestido para el ablandamiento se puede realizar después de que la placa alargada se prepara mediante el corte longitudinal y corte de la lámina de una sola capa enrollada o la lámina revestida y formada con la porción rebajada. Alternativamente, la lámina puede ser templada para ablandarla primero, seguido por el corte longitudinal y el corte de la lámina y la formación de la porción rebajada. Cuando se emplea este último método, la temperatura de soldadura de recubrimiento por inmersión en caliente es preferible ajustada en un nivel superior para proporcionar el efecto de templado en el chapado de soldadura por inmersión en caliente.

65

Ejemplos del material de soldadura para capas de chapado de soldadura de inmersión en caliente 3A, 3B, 3C incluyen aleaciones de Sn-Pb, aleaciones de Sn-(0,5 a 5 % en masa) Ag, aleaciones de Sn (0,5 a 5 % en masa) Ag (0,3 a 1,0 % en masa) Cu, aleaciones de Sn-(0,3 a 1,0 % en masa) Cu, aleaciones de Sn (1,0 a 5,0 % en masa) Ag (5-8 % en masa), aleaciones de Sn (1,0 a 5,0 % en masa) Ag (40 a 50 % en masa) Bi, aleaciones de Sn (40 a 50 % en masa) Bi y aleaciones de Sn (1,0 a 5,0 % en masa) Ag (40 a 50 % en masa) Bi (5 a 8 % en masa), que tienen cada una un punto de fusión de aproximadamente 130 °C a aproximadamente 300 °C. Dado que el Pb es probable que presente un peligro para el cuerpo humano y contamina el medio ambiente natural, materiales de soldadura sin plomo tales como las aleaciones de Sn-Ag, las aleaciones de Sn-Ag-Cu, las aleaciones de Sn-Cu, las aleaciones de Sn-Ag-In y las aleaciones de Sn-Ag-Bi se prefieren desde el punto de vista de la prevención de la contaminación.

Para la prevención de la oxidación de la soldadura fundida, uno o dos o más de aproximadamente 50 ppm a aproximadamente 200 ppm de P, varias ppm a varias decenas ppm de Ga, varias ppm a varias decenas ppm de Gd y varias ppm a varias decenas ppm de Ge pueden añadirse a cualquiera de los materiales de soldadura antes mencionados. La capa de soldadura de chapado por inmersión en caliente puede tener una estructura de capas múltiples formada mediante el uso de diversos metales puros tales como Sn, Ag y Cu y/o aleaciones de cualquiera de estos metales. En este caso, los espesores de las capas respectivas se ajustan para que una soldadura resultante de la fusión de la capa de soldadura de chapado por inmersión en caliente tenga una composición de aleación deseada. La estructura de capas múltiples se puede formar fácilmente mediante la realización de los procesos de chapado secuencialmente predeterminados.

A continuación, una célula solar empleando cualquiera de los cables de los electrodos de las realizaciones antes mencionadas como un cable de conexión de los cables se describirá con referencia al dibujo.

La figura 5 ilustra una célula solar que incluye cables conectores de conexión 13 cada uno preparados usando el cable de electrodo que tiene la porción rebajada de almacenamiento de soldadura por inmersión en caliente. La célula solar incluye un sustrato semiconductor 11 de un semiconductor de silicio que tienen uniones PN, y los cables conectores de conexión 13 cada uno soldado a una pluralidad de electrodos de superficie frontal lineales 12 dispuestos en una superficie frontal del sustrato semiconductor 11. Los electrodos de superficie trasera, teniendo cada uno un área más grande de alrededor de 40 mm² a aproximadamente 80 mm² están dispuestos en una superficie trasera del sustrato semiconductor 11.

Antes de la soldadura de los cables conectores de conexión 13, las bandas de soldadura se forman sobre el sustrato semiconductor 11 extendiéndose perpendicularmente a los electrodos de superficie frontal lineales 12 de manera que sea conectada eléctricamente a los electrodos de superficie frontal lineales 12. Los cables conectores de conexión 13 se colocan sobre el sustrato semiconductor 11 de modo que las capas de soldadura de chapado por inmersión en caliente dispuestas en las porciones rebajadas de almacenamiento de soldadura por inmersión en caliente de los cables conductores de conexión se ponen respectivamente en contacto con las bandas de soldadura. Entonces, las bandas de soldadura en el sustrato semiconductor 11 y las capas de soldadura de chapado por inmersión en caliente de los cables conectores de conexión 13 se funden juntas, por lo que los cables conectores de conexión 13 se sueldan a la superficie frontal del sustrato semiconductor 11. Por lo tanto, los cables conectores de conexión 13 de los cables de los electrodos están unidos al sustrato semiconductor 11. Dado que los electrodos de superficie trasera tienen cada uno un área de exposición relativamente grande (de aproximadamente 40 mm² a aproximadamente 80 mm²), los cables conectores de conexión se sueldan fácilmente a los electrodos de superficie trasera de una célula solar adyacente en comparación con la soldadura a los electrodos de superficie frontal.

En la célula solar, los cables de los electrodos se deforman plásticamente por el estrés térmico durante la soldadura, de modo que la tensión térmica que ocurre en el sustrato semiconductor se alivia. Por lo tanto, es poco probable que ocurra el agrietamiento en el sustrato semiconductor. Además, los cables de los electrodos tienen cada uno una resistividad de volumen menor y, por lo tanto, son excelentes en la conductividad eléctrica. Por lo tanto, se mejora la eficiencia de generación de energía. Además, los cables de los electrodos están formados cada uno con la porción rebajada de almacenamiento de soldadura por inmersión en caliente, y la capa de soldadura de recubrimiento por inmersión en caliente que tiene una superficie plana se encuentra en la porción rebajada. Por lo tanto, los cables de los electrodos son excelentes en capacidad de soldadura, de modo que los cables conectores de conexión 13 están firmemente unidos al sustrato semiconductor 11. En consecuencia, los cables conectores de conexión son menos susceptibles de ser desconectados del sustrato semiconductor, y excelentes en durabilidad.

El cable de electrodo según la invención se describirá a continuación más específicamente por medio de ejemplos de los mismos. Sin embargo, se debe entender que la invención no se limita a estos ejemplos.

Ejemplos

Ejemplo A

Diversos materiales revestidos se prepararon cada uno mediante unión por presión de capas superficiales de cobre libre de oxígeno (Cu: 99,97 % en masa, O: 15 ppm) a superficies opuestas de una capa intermedia de aluminio (especificados por la norma JIS 1N90, Al: 99,90 % en masa) o Invar (Fe-36,5 % en masa Ni) y templando la pila

5 resultante para la difusión. Los materiales revestidos (materiales básicos) tenían cada uno un espesor de 160 µm, y la relación del espesor de la capa intermedia con el espesor del material revestido se muestra en la Tabla 1. Los materiales revestidos fueron cada uno cortado longitudinalmente para formar placas alargadas que tienen cada una una anchura de 2 mm, y cada una de las placas alargadas fue cortada a una longitud de 150 mm, con lo que se preparó una pluralidad de materiales de núcleo. Los materiales de núcleo se templaron a 500 °C durante un minuto para ablandamiento. Además, una pluralidad de materiales de núcleo se preparó sustancialmente de la misma manera que la descrita anteriormente mediante el empleo de una lámina de laminado de cobre libre de oxígeno, y algunos de los materiales de núcleo se hibridaron para ablandarlos. Además, los materiales de núcleo se prepararon cortando un cable de cobre aplanado (que tiene un espesor de 160 µm y una anchura de aproximadamente 2 mm) de cobre tenaz (Cu: 99,94 % en masa, O: 33 ppm) a la misma longitud que el mencionado anteriormente sin el templado.

15 Un ensayo de tracción se llevó a cabo por un método especificado por JIS Z2241, en el que los materiales del núcleo se estiran cada uno longitudinalmente para medir la resistencia de prueba de los mismos. Además, la resistividad de volumen de cada uno de los materiales del núcleo se midió por un método especificado por JIS H0505. Los resultados de la medición se muestran también en la Tabla 1.

20 Después de que las superficies de los materiales de núcleo se limpiaron con acetona, los materiales del núcleo se sumergieron rápidamente en un baño de soldadura fundida (composición de soldadura: Sn-3,5 % en masa de Ag, punto de fusión: 220 °C, temperatura del baño: 300 °C), mediante el cual se formaron capas de chapado de soldadura por inmersión en caliente en las superficies de los materiales del núcleo. Las capas de chapado de soldadura por inmersión en caliente de los cables de electrodo así preparados cada uno tenía un espesor medio de alrededor de 40 µm.

25 Los cables de los electrodos preparados de este modo eran cada uno mantenido en contacto con una banda de soldadura de un sustrato de célula solar de silicio (con un espesor de 200 µm) a 260 °C durante un minuto, con lo que se soldaba al sustrato. La banda de soldadura se formó de manera preliminar en una superficie frontal del sustrato de silicio extendiéndose a través de una pluralidad de electrodos de superficie frontal dispuestos sobre el sustrato. Después de la soldadura, se comprobó si el sustrato de silicio estaba o no agrietado. Los resultados de la comprobación también se muestran en la Tabla 1.

35 Como se muestra en la Tabla 1, los cables de los electrodos (Muestra n.º 1, 2 y 4) de los ejemplos, ya sean del tipo de capa única o del tipo de revestimiento, cada uno tenía un límite de elasticidad de no más de 49 MPa. Por lo tanto, los sustratos de silicio delgados que tienen cada uno un espesor de 200 µm estaban libres de grietas. En el caso del cable de electrodo de la Muestra n.º 7 preparado mediante el trabajo de cobre libre de oxígeno, y no templado para el ablandamiento, la resistencia de prueba fue mayor en el orden de 147 MPa, de modo que el sustrato de silicio estaba roto. En el caso de los cables de los electrodos de los ejemplos, se confirmó que la resistividad de volumen fue menor en comparación con la técnica anterior de cable de electrodo revestido (muestra n.º 5) que tiene la capa intermedia Invar y la conductividad eléctrica fue excelente.

40

Tabla 1

Muestra n.º	Material del núcleo Estructura y materiales	Capa intermedia Relación de espesor	Templado para el ablandamiento Hecho: ○ No realizado: ×	Resistencia de prueba MPa	Resistividad de volumen µΩ · cm	Agrietamiento del sustrato de silicio Presente: × Ausente: ○
*1	Cu/Al/Cu	20 %	○	38,2	2,0	○
*2	Cu/Al/Cu	33 %	○	36,3	2,2	○
3	Cu/Al/Cu	60 %	○	34,3	2,6	○
*4	Una sola capa de Cu	-	○	41,2	1,8	○
5	Cu/Invar/Cu	33 %	○	98	2,3	○
6	Cable de cobre aplanado	-	×	98	1,8	×
7	Una sola capa de Cu	-	×	147	1,8	×

(Nota) Cu: cobre libre de oxígeno, Material de cable de cobre aplanado: de cobre tenaz. Números de muestra con el prefijo *: Ejemplos, los números de muestra. 3. 7: Las muestras de ejemplos comparativos n.º 5. 6: ejemplos de la técnica anterior

Ejemplo B

Diversos materiales revestidos se prepararon cada uno mediante la unión por presión de capas superficiales de cobre libre de oxígeno (Cu: 99,97 % en masa, O: 15 ppm) a superficies opuestas de una capa intermedia de aluminio (especificado por la norma JIS 1N90, Al: 99,90 % en masa) o Invar (Fe-36,5 % en masa Ni) y templando la pila resultante para la difusión. Los materiales revestidos (materiales básicos) tenían cada uno un espesor de 200 μm , y la relación del espesor de la capa intermedia con el espesor del material revestido se muestra en la Tabla 2. Los materiales revestidos se templaron a 500 °C durante un minuto para ablandamiento. Entonces, los materiales revestidos fueron cada uno cortado longitudinalmente para formar placas alargadas que tienen cada una una anchura de 2 mm, y las placas alargadas eran cada una cortada a una longitud de 150 mm, con lo que se preparó una pluralidad de materiales de núcleo. Además, una pluralidad de materiales de núcleo se prepararon mediante el templado de una chapa laminada de cobre libre de oxígeno para suavizarla de la misma manera como se describe anteriormente y luego cortar la lámina templada.

Después de que las superficies de los materiales de núcleo se limpiaron con acetona, algunos de los materiales de núcleo, en cada grupo de material del núcleo se sumergieron rápidamente en un baño de soldadura fundida (composición de soldadura: Sn-3,5 % en masa de Ag, punto de fusión: 220 °C, temperatura del baño: 300 °C), con lo que se formaron capas de soldadura de chapado por inmersión en caliente en las superficies de los materiales del núcleo. Las capas de chapado de soldadura por inmersión en caliente de los cables de electrodo así preparadas tenía cada una un espesor medio de alrededor de 40 μm .

Los otros materiales de la base en cada grupo de material del núcleo se sumergieron rápidamente en un baño de sal (temperatura del baño: 300 °C) que contiene nitrato de potasio y nitrito de sodio como componentes principales, en las mismas condiciones que en el de inmersión en el baño de chapado de soldadura fundido. Por lo tanto, los otros materiales de núcleo se sometieron a un tratamiento térmico en las mismas condiciones que en la inmersión de los materiales de núcleo para la formación de las capas de chapado de soldadura por inmersión en caliente. Los materiales de núcleo sumergidos en el baño de sal se enjuagaron con agua para eliminar las sales de las superficies de la misma, y entonces la resistencia de prueba y la resistividad volumétrica se midieron de la misma manera que en el Ejemplo A. Los resultados de la medición se muestran también en Tabla 2.

Como en el ejemplo A, los cables de los electrodos se sueldan a cada uno a un sustrato de silicio de células solares (que tiene un espesor de 200 μm). Después de la soldadura, se comprobó si el sustrato de silicio estaba o no agrietado. Los resultados de la comprobación también se muestran en la Tabla 2.

Como se muestra en la Tabla 2, los cables de los electrodos (Muestras n.º 11, 12 y 14) de ejemplo, ya sean del tipo de capa única o del tipo de revestimiento, cada uno tenía un límite de elasticidad de no más de 85 MPa. Por lo tanto, los sustratos de silicio delgados que tienen cada uno un espesor de 200 μm estaban libres de grietas. Además, se confirmó que la resistividad de volumen fue 2,2 $\mu\Omega \cdot \text{cm}$ o inferior y la conductividad eléctrica fue excelente.

Tabla 2

Muestra n.º	Material del núcleo Estructura y materiales	Capa intermedia Relación de espesor	Templado para el ablandamiento Hecho: ○ No realizado: ×	Resistencia de prueba MPa	Resistividad de volumen $\mu\Omega \cdot \text{cm}$	Agrietamiento del sustrato de silicio Presente: × Ausente: ○
*11	Cu/Al/Cu	20 %	○	85	2,0	○
*12	Cu/Al/Cu	30 %	○	72	2,2	○
13	Cu/Al/Cu	60 %	○	55	2,6	○
*14	Cu una sola capa	-	○	85	1,8	○

(Nota) Cu: cobre libre de oxígeno
n.º de Muestras prefijo ancho *: Ejemplos, n.º de muestra. 13: ejemplos comparativos

REIVINDICACIONES

1. Un cable de electrodo (1) para un cable de conexión de los cables a soldar a una pluralidad de electrodos de superficie frontal (12) dispuesto en una superficie frontal de un sustrato semiconductor para una célula solar y/o electrodos de superficie trasera dispuestos sobre una superficie trasera del sustrato semiconductor de la célula solar, que comprende un material del núcleo (2) que tiene una resistividad de volumen no mayor que $2,3 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ y una capa de soldadura de chapado por inmersión en caliente (3A, 3B) dispuesta sobre una superficie del material del núcleo (2), caracterizado por que
- 5
- 10 el material del núcleo (2) está compuesto de un material de cobre puro templado que tiene un contenido de oxígeno de no más de 20 ppm y tiene un límite de elasticidad de no menos de 19,6 MPa y no mayor que 85 MPa.
- 15 2. Un cable de electrodo (1A, 1B) para un cable de conexión de los cables a soldar a una pluralidad de electrodos de superficie frontal (12) dispuestos en una superficie frontal de un sustrato semiconductor para una célula solar y/o electrodos de superficie trasera dispuestos en una parte trasera de la superficie del sustrato semiconductor para la célula solar, que comprende un material del núcleo (2A) hecho de un material de revestimiento que incluye una capa intermedia (4), y una primera capa superficie (5a) y una segunda capa de superficie (5B) dispuestas sobre superficies opuestas de la capa intermedia (4), y una capa de chapado de soldadura por inmersión en caliente (3A, 3B, 3C) dispuesta sobre una superficie del material del núcleo (2A), el material del núcleo (2A) teniendo una resistividad de volumen no mayor de $2,3 \mu\Omega \cdot \text{cm}$, caracterizado porque
- 20
- 25 la primera capa superficie (5a) y la segunda capa de superficie (5B) están compuestas de Cu puro o una aleación de Cu que comprende principalmente Cu, la capa intermedia (4) se compone de Al puro o una aleación de Al que comprende principalmente Al, y el material del núcleo (2A) tiene una resistencia de prueba de no menos de 19,6 MPa y no mayor que 85 MPa.
- 30 3. Un cable de electrodo de célula solar (1A, 1B) según la reivindicación 2, en el que la primera capa de superficie (5a) y la segunda capa de superficie (5B) se componen del mismo material y tienen el mismo espesor.
- 35 4. Un cable de electrodo de célula solar (1A, 1B) según la reivindicación 2 o 3, en el que la capa intermedia (4) tiene un espesor que no es menor que 10 % y no mayor que 50 % de un espesor de todo del material de revestimiento.
- 40 5. Un cable de electrodo de célula solar (1A, 1B) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el material del núcleo tiene una porción rebajada (6, 6A) dispuesta a lo largo de una dirección longitudinal del material del núcleo (2, 2A) para almacenar fundido de soldadura y la capa de soldadura de chapado por inmersión en caliente (3C) se encuentra en la porción rebajada (6, 6A).
- 45 6. Un cable de electrodo de célula solar de acuerdo con la reivindicación 5, en el que una anchura de la abertura de la porción rebajada (6, 6A), medida transversalmente del material del núcleo (2, 2a) no es menor que 90 % de la anchura del material del núcleo (2, 2A).

Fig. 1

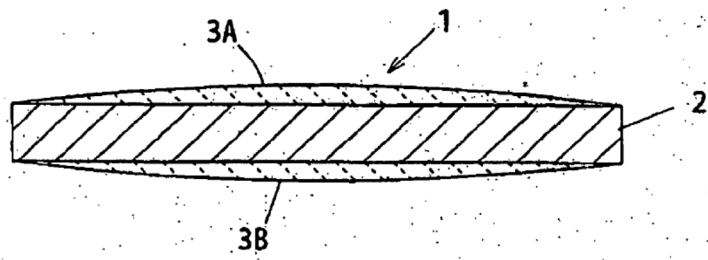


Fig. 2

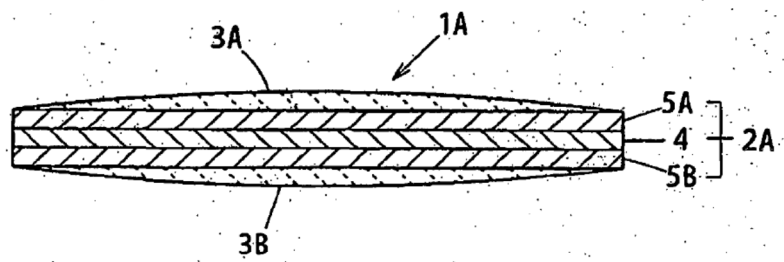


Fig. 3

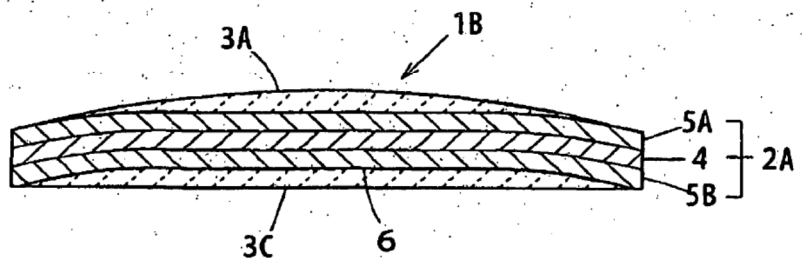


Fig. 4

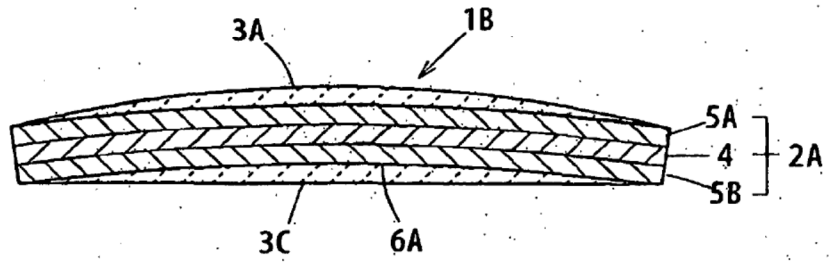


Fig. 5

