

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 680 601**

51 Int. Cl.:

H01L 31/0749 (2012.01)

B21B 1/40 (2006.01)

B21B 3/02 (2006.01)

B21B 45/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.03.2014 PCT/JP2014/001519**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.09.2014 WO14148034**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.03.2014 E 14767934 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.05.2018 EP 2953170**

54 Título: **Fabricación de lámina de acero inoxidable ferrítico para sustratos de célula solar**

30 Prioridad:

21.03.2013 JP 2013057891

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

10.09.2018

73 Titular/es:

**JFE STEEL CORPORATION (100.0%)
2-3, Uchisaiwai-cho 2-chome Chiyoda-ku
Tokyo, 100-0011, JP**

72 Inventor/es:

**YANO, TAKAYOSHI;
ISHIKAWA, SHIN;
YAMAGUCHI, YASUHIRO y
ARIZONO, TOMOYUKI**

74 Agente/Representante:

MARTÍN BADAJOZ, Irene

ES 2 680 601 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

Fabricación de lámina de acero inoxidable ferrítico para sustratos de célula solar

5 **[Campo técnico]**

La presente invención se refiere a un método para fabricar una lámina de acero inoxidable ferrítico para un sustrato de célula solar. En particular, la lámina de acero inoxidable ferrítico fabricada según la presente invención es excelente en lo que se refiere al rendimiento de deposición y puede mantener una dureza suficiente para suprimir la aparición de, por ejemplo, deformación durante la deposición en un procedimiento para fabricar una célula solar usando un método de rollo a rollo.

[Técnica anterior]

15 En la actualidad, está recibiendo atención un sistema para suministro eléctrico que utiliza luz solar como nuevo recurso energético. Se ha puesto en práctica una célula solar de Si cristalino que tiene una capa constituyente compuesta por Si monocristalino o Si policristalino, y una célula solar de ese tipo desempeña un papel importante como sistema fotovoltaico solar para suministro eléctrico. Sin embargo, es necesario un procedimiento para fabricar un cristal a granel con el fin de fabricar una célula solar de Si cristalino. Por tanto, dado que es necesario usar una gran cantidad de material de partida, dado que el crecimiento cristalino lleva mucho tiempo, y dado que el procedimiento de fabricación es complejo y necesita mucha energía, el coste de fabricación de una célula solar de Si cristalino es muy alto.

25 Frente a tales antecedentes, se han desarrollado activamente y han comenzado a ponerse en práctica una célula solar que usa una cantidad muy reducida de Si tal como una célula solar de Si de película fina, una célula solar que no usa Si tal como una célula solar de película compuesta, una célula solar de película orgánica y una célula solar sensibilizada a colorantes, y una nueva célula solar tal como una célula solar de puntos cuánticos. Cualquiera de estas células solares es una célula solar de película fina que se fabrica formando una película de Si amorfo o semiconductor compuesto sobre un sustrato con el fin de formar una capa de absorción óptica de película fina. Por tanto, los procedimientos de fabricación de estas células solares son más sencillos que los de una célula solar de Si cristalino, y es posible disminuir el tiempo de fabricación. Además, dado que el grosor de la capa de absorción óptica es varias decenas de nm a varios μm , las cantidades de materiales de partida usados para estas células solares puede disminuirse significativamente en comparación con las de una célula solar de Si cristalino.

35 Por los motivos descritos anteriormente, las células solares de película fina son muy esperadas como células solares de última generación debido a su bajo coste de fabricación y alta productividad en masa. En particular, una célula solar de CIGS, que es una célula solar de película compuesta que usa una capa de absorción óptica compuesta por $\text{Cu}(\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x)\text{Se}_2$ (en lo sucesivo en el presente documento, también abreviado CIGS (diseleniuro de cobre, indio, galio)), está recibiendo mucha atención debido a su eficiencia de conversión fotoeléctrica mayor que la de otras células solares de película fina y a su bajo coste de fabricación.

45 Como sustrato de una célula solar de película fina, se usa principalmente una placa de vidrio tal como una placa de vidrio de sosa y cal, una lámina de acero inoxidable o una película de plástico tal como una película de poliimida. Entre estos materiales, dado que no puede usarse una placa de vidrio en un método de rollo a rollo, en el que el material se trata de manera continua en el estado enrollado, debido a la falta de flexibilidad, una placa de vidrio tiene desventaja en la producción en masa y la reducción del coste. Dado que una película de plástico es mala en lo que se refiere a la propiedad de resistencia al calor, tiene la desventaja de que es necesario disminuir el límite superior de la temperatura de tratamiento en un procedimiento para fabricar una célula solar.

50 En cambio, dado que una lámina de acero inoxidable es excelente en lo que se refiere a la flexibilidad y la propiedad de resistencia al calor, puede usarse en un método de rollo a rollo, que tiene ventajas en la producción en masa y la reducción del coste. Dado que una lámina de acero inoxidable tiene una propiedad de resistencia al calor excelente en comparación con una película de plástico, es posible aumentar la productividad de una célula solar y fabricar una célula solar de película fina, que es ligera y flexible.

55 Dado que una lámina de acero inoxidable tiene una flexibilidad excelente, es posible ajustar una célula solar de película fina que tiene un sustrato compuesto por una lámina de acero inoxidable a una superficie curva. Por tanto, se espera que la aplicación de la célula solar de película fina pueda ampliarse adicionalmente como una denominada célula solar flexible. Entre los aceros inoxidables, en particular, dado que el acero inoxidable ferrítico tiene un coeficiente de expansión térmica lineal casi igual que el CIGS, se está considerando activamente usarlo como material del sustrato de una célula solar de película fina.

65 Una célula solar de película fina se fabrica, por ejemplo, formando una capa de contacto posterior compuesta por una capa de Mo, una capa de absorción óptica, una capa de amortiguación y una capa de contacto transparente en este orden sobre un sustrato. Además, hay un caso en el que se forma una capa aislante entre el sustrato y la capa de contacto posterior.

En el caso en que se use una lámina de acero inoxidable como el sustrato descrito anteriormente, es posible usar un método de rollo a rollo, que tiene ventaja en la producción en masa cuando, por ejemplo, se forma una capa de absorción óptica sobre el sustrato.

5 En un método de rollo a rollo, se usa un rollo del que se libera un sustrato enrollado (lámina de acero inoxidable) y un rollo sobre el que se rebobina el sustrato. Además, un aparato de formación de película fina para una capa de contacto posterior, un aparato de formación de película fina para una capa de absorción óptica, y similares están colocados entre los dos rollos. Una capa de contacto posterior, una capa de absorción óptica, una capa de amortiguación y una capa de contacto transparente se forman en este orden sobre el sustrato que se transporta desde el rollo de salida, y entonces, el sustrato se rebobina mediante el rodillo de rebobinado. Por tanto, mediante el uso de un método de rollo a rollo, puede fabricarse de manera continua un gran número de células solares y por tanto es posible realizar una producción en masa y una reducción del coste de las células solares.

15 En este caso, una lámina de acero inoxidable usada para el sustrato de una célula solar tiene un grosor muy pequeño de 20 a 300 μm . Por tanto, en el caso en que la resistencia mecánica (dureza) sea insuficiente, se produce la deformación de la lámina de acero inoxidable durante la deposición en un procedimiento que usa un método de rollo a rollo y por tanto tienden a producirse arrugas, una rotura y estirado. Igual que anteriormente, en el caso en que, por ejemplo, se produzcan arrugas sobre el sustrato durante la deposición en un procedimiento continuo tal como uno que usa un método de rollo a rollo, no es posible fabricar una célula solar, o se fabrica una célula solar que tiene eficiencia de conversión fotoeléctrica disminuida. Por tanto, es importante que una lámina de acero inoxidable usada como material del sustrato de una célula solar tenga resistencia mecánica (dureza) suficiente para suprimir la deformación descrita anteriormente de modo que la lámina tenga rendimiento de deposición satisfactorio en un procedimiento continuo tal como uno que usa un método de rollo a rollo.

25 En cuanto al rendimiento de deposición de una lámina de acero inoxidable (sustrato) cuando se fabrica una célula solar mediante un procedimiento continuo usando un método de rollo a rollo, el documento de patente 1 propone una técnica en la que la resistencia mecánica a la tracción en una dirección formando un ángulo recto con respecto a la dirección de laminación de una lámina de acero inoxidable se controla para que sea de 930 MPa o más realizando laminación en frío sobre un material de acero inoxidable con una reducción por laminación del 50 % o más y realizando además un tratamiento térmico según sea necesario en una atmósfera de gas inerte que tiene una temperatura de 400 °C a 700 °C con el fin de obtener la lámina de acero inoxidable. Además, se dice que, mediante el uso de la técnica según el documento de patente 1, es posible obtener una lámina de acero inoxidable para un sustrato de célula solar con la que es menos probable que se produzca deformación cuando está aplicándose a un procedimiento continuo usando un método de rollo a rollo.

[Lista de referencias]

[Bibliografía de patentes]

40 [PTL 1] Publicación de solicitud de patente no examinada japonesa n.º 2012-138571 (Publicación internacional n.º WO2012/077827)

[Sumario de Invención]

[Problema técnico]

50 Mediante el uso de la técnica propuesta en el documento de patente 1, es posible mejorar el rendimiento de deposición suprimiendo la deformación de una lámina de acero inoxidable (sustrato) en cierta medida en un procedimiento continuo usando un método de rollo a rollo.

Sin embargo, en el caso de la técnica según el documento de patente 1, no se considera el rendimiento de deposición de una lámina de acero inoxidable (sustrato) que se ha sometido a un procedimiento de crecimiento de capa de absorción óptica.

55 La temperatura de un sustrato cuando se forma una capa de absorción óptica después de haberse formado una capa de contacto posterior sobre el sustrato depende de los tipos de materiales constituyentes de la capa de absorción óptica. Por ejemplo, cuando se forma la capa de absorción óptica (capa de CIGS) de una célula solar de película compuesta basada en CIGS, el sustrato se somete normalmente a un procedimiento a alta temperatura de 450 °C a 600 °C. Por tanto, incluso en el caso en que se usa como sustrato una lámina de acero inoxidable que tiene una resistencia mecánica (dureza) especificada, el sustrato (lámina de acero inoxidable) se ablanda en un procedimiento de crecimiento de capa de absorción óptica y se produce deformación del sustrato en el procedimiento de fabricación siguiente, lo que da como resultado un problema de que, por ejemplo, tienden a producirse arrugas, una rotura o estirado.

65 Por los motivos descritos anteriormente, es importante que una lámina de acero inoxidable usada como material del

5 sustrato de una célula solar tenga una propiedad de resistencia al calor suficiente para suprimir el ablandamiento producido en un procedimiento de crecimiento de capa de absorción óptica de modo que la lámina de acero inoxidable es excelente en lo que se refiere al rendimiento de deposición incluso después de haberse sometido a un procedimiento de crecimiento de capa de absorción óptica en un procedimiento continuo usando un método de rollo a rollo. En la técnica según el documento de patente 1, no se considera tal problema.

10 Por tanto, en la técnica según el documento de patente 1, aunque una lámina de acero inoxidable (sustrato) tenga un rendimiento de deposición suficiente sin aparición de, por ejemplo, arrugas antes de someterse a un procedimiento de crecimiento de capa óptica de absorción óptica en un procedimiento continuo usando un método de rollo a rollo, la lámina de acero inoxidable (sustrato) se ablanda como resultado de que la lámina de acero inoxidable se calienta a alta temperatura de 450 °C a 600 °C en un procedimiento de crecimiento de capa de absorción óptica. Como resultado, dado que no es posible impedir, por ejemplo, que se produzcan arrugas debido a la deformación de la lámina de acero inoxidable (sustrato) en el procedimiento continuo tras el procedimiento de crecimiento de capa de absorción óptica descrito anteriormente, hay un deterioro de la productividad y la eficiencia de conversión fotoeléctrica de una célula solar.

15 La presente invención se ha completado con el fin de resolver ventajosamente los problemas descritos anteriormente, y un objeto de la presente invención es proporcionar una lámina de acero inoxidable ferrítico para un sustrato de célula solar excelente en lo que se refiere al rendimiento de deposición, con lo que es posible suprimir la aparición de, por ejemplo, arrugas debido a la deformación del sustrato incluso en un procedimiento continuo tras un procedimiento de crecimiento de capa de absorción óptica cuando una célula solar se fabrica usando un método de rollo a rollo.

25 **[Solución al problema]**

Los presentes inventores, con el fin de resolver los problemas descritos anteriormente, realizaron diligentemente investigaciones en cuanto a medios para mantener el rendimiento de deposición suprimiendo la deformación de un sustrato de acero inoxidable incluso en un procedimiento continuo después de un procedimiento de crecimiento de capa de absorción óptica cuando se fabrica una célula solar usando un método de rollo a rollo. Como resultado, los inventores encontraron que el que se produzca o no deformación de un sustrato de acero inoxidable cuando se fabrica una célula solar usando un método de rollo a rollo, es decir, el que se logre o no un rendimiento de deposición satisfactorio depende en gran medida de la dureza Vickers de la lámina de acero inoxidable que se usa como sustrato y ese rendimiento de deposición excelente se logra en el caso en que la lámina de acero inoxidable tenga una dureza Vickers de Hv250 o más.

35 Además, a partir de los resultados de investigaciones adicionales, los presentes inventores encontraron que, cuando se fabrica una célula solar usando un método de rollo a rollo, en el caso en que una lámina de acero inoxidable que se ha sometido a un procedimiento de crecimiento de capa de absorción óptica, específicamente, una lámina de acero inoxidable que se ha sometido a un procedimiento de crecimiento de capa de absorción óptica en el que la lámina de acero inoxidable se mantiene a una temperatura de 450 °C o mayor y 600 °C o menor durante una duración de 1 minuto o más, manteniéndose una dureza Vickers de Hv250 o más, es posible mantener un rendimiento de deposición excelente porque es menos probable que se produzca deformación del sustrato (lámina de acero inoxidable) incluso después del procedimiento de crecimiento de capa de absorción óptica.

40 Además, los presentes inventores buscaron medios para dar a una lámina de acero inoxidable la calidad de dureza descrita anteriormente, es decir, medios para dar a la lámina de acero inoxidable la calidad (propiedad de resistencia al calor) de tener una dureza Vickers de Hv250 o más y mantener una dureza Vickers de Hv250 o más incluso después de que la lámina de acero inoxidable se ha sometido a un procedimiento de crecimiento de capa de absorción óptica en el que la lámina de acero inoxidable se mantiene en un intervalo de temperatura de 450 °C o mayor y 600 °C o menor durante una duración de 1 minuto o más. Como resultado, los inventores encontraron que es eficaz realizar recocido y laminación en frío en una chapa de acero inoxidable que tiene la composición química apropiada y realizar después un tratamiento térmico en las condiciones especificadas. Además, los presentes inventores encontraron que es posible dar a una lámina de acero inoxidable la calidad de dureza deseada descrita anteriormente especificando la composición química del acero inoxidable y la reducción por laminación de la laminación en frío, determinando la temperatura de tratamiento térmico para el tratamiento térmico según la temperatura del sustrato en un procedimiento de crecimiento de capa de absorción óptica cuando se fabrica una célula solar, y especificando condiciones adicionales del tratamiento térmico (velocidad de calentamiento hasta la temperatura de tratamiento térmico, tiempo de mantenimiento a la temperatura de tratamiento térmico, y velocidad de enfriamiento después de haberse mantenido a la temperatura de tratamiento térmico).

60 La presente invención se ha completado basándose en el conocimiento descrito anteriormente y el contenido de la presente invención es tal como sigue.

65 [1] Un método para fabricar una lámina de acero inoxidable ferrítico para un sustrato de célula solar, incluyendo el método realizar recocido en una chapa de acero inoxidable ferrítico que tiene una composición química que contiene, en % en masa, Cr: el 14 % o más y el 18 % o menos, realizar después laminación en frío con una

reducción por laminación del 60 % o más, y realizar posteriormente un tratamiento térmico en una atmósfera de gas inerte de tal manera que la lámina de acero inoxidable ferrítico resultante se calienta hasta una temperatura de tratamiento térmico T (°C) a una velocidad de calentamiento de 10 °C/s o más y 100 °C/s o menos, que la lámina de acero se mantiene a la temperatura de tratamiento térmico T (°C) durante una duración de 1 segundo o más y 60 segundos o menos, y que la lámina de acero calentada se enfría a una velocidad de enfriamiento de 5 °C/s o más y 50 °C/s o menos,

en el que la temperatura de tratamiento térmico T (°C) satisface las expresiones de relación (1) y (2) a continuación según la temperatura X de un sustrato en un procedimiento de crecimiento de capa de absorción óptica seleccionado en un intervalo de temperatura de 450 °C o mayor y 600 °C o menor:

$$\text{cuando } 450 \text{ °C} \leq X < 500 \text{ °C}, 300 \text{ °C} \leq T \leq 750 \text{ °C} \quad \dots (1),$$

$$\text{cuando } 500 \text{ °C} \leq X \leq 600 \text{ °C}; X-200 \text{ °C} \leq T \leq 750 \text{ °C} \quad \dots(2).$$

[Efectos ventajosos de la invención]

Según la presente invención, cuando se fabrica una célula solar usando un método de rollo a rollo, es posible obtener una lámina de acero inoxidable ferrítico para un sustrato de célula solar que tiene un rendimiento de deposición excelente con lo que es posible suprimir la aparición de, por ejemplo, arrugas debido a la deformación del sustrato incluso después de que el sustrato se ha sometido a un procedimiento de crecimiento de capa de absorción óptica.

[Descripción de realizaciones]

La lámina de acero inoxidable ferrítico para un sustrato de célula solar fabricada según la presente invención se caracteriza porque tiene una composición química que contiene, en % en masa, Cr: el 14 % o más y el 18 % o menos, una dureza Vickers de Hv250 o más, y una dureza Vickers de Hv250 o más después de que el sustrato se ha sometido a un procedimiento de crecimiento de capa de absorción óptica en que el sustrato se mantiene en un intervalo de temperatura de 450 °C o mayor y 600 °C o menor durante una duración de 1 minuto o más.

Cr: El 14 % o más y el 18 % o menos

La lámina de acero inoxidable ferrítico para un sustrato de célula solar es una lámina de acero inoxidable ferrítico que contiene Cr en una cantidad de, en % en masa, el 14 % o más y el 18 % o menos.

El Cr es un elemento químico que es necesario para dar resistencia a la corrosión a una lámina de acero inoxidable. En el caso en que el contenido en Cr sea, en % en masa, de menos del 14 %, no es posible lograr resistencia a la corrosión suficiente para permitir que una célula solar se use durante mucho tiempo. Por tanto, en el caso en que se use una lámina de acero inoxidable de este tipo como sustrato, existe el problema de la corrosión del sustrato cuando la célula solar se usa durante mucho tiempo.

Además, aunque de manera fundamental la resistencia a la corrosión mejora cuando aumenta el contenido en Cr, hay un deterioro en la tenacidad de una chapa de acero laminada en caliente que se usa como material de una lámina de acero inoxidable si el contenido en Cr es de más del 18 %. Habitualmente, una lámina de acero inoxidable se fabrica realizando laminación en caliente en un desbaste plano con el fin de obtener una chapa de acero laminada en caliente, realizando decapado y recocido en la chapa de acero laminada en caliente según sea necesario, y realizando después laminación en frío. En el caso en que una chapa de acero laminada en caliente que se usa como material de una lámina de acero inoxidable sea frágil, es difícil realizar laminación en frío. Por tanto, el contenido en Cr de la lámina de acero inoxidable ferrítico descrito anteriormente se fija para que sea del 14 % o más y del 18 % o menos en % en masa, o preferiblemente del 16 % o más y del 18 % o menos en % en masa.

No hay limitación en la composición química de la lámina de acero inoxidable ferrítico para un sustrato de célula solar siempre que el contenido en Cr esté dentro del intervalo descrito anteriormente.

En este caso, a continuación se describirá una composición química de la lámina de acero inoxidable ferrítico para un sustrato de célula solar. A continuación en el presente documento, “%” usado cuando se describe una composición química representa el % en masa a menos que se indique lo contrario.

C: El 0,12 % o menos

Dado que el C deteriora la resistencia a la corrosión de una lámina de acero inoxidable al combinarse con Cr en el acero, es preferible que el contenido en C sea lo más bajo posible. Sin embargo, dado que no hay un deterioro significativo en la resistencia a la corrosión en el caso en que el contenido en C sea del 0,12 % o menos, es preferible que el contenido en C sea del 0,12 % o menos, o más preferiblemente del 0,04 % o menos.

ES 2 680 601 T3

Si: El 2,5 % o menos

5 El Si es un elemento químico que se usa para la desoxidación, y tal efecto se realiza en el caso en que el contenido en Si es del 0,01 % o más. Sin embargo, en el caso en que el contenido en Si sea excesivamente alto, dado que hay un deterioro en la ductilidad de una chapa de acero inoxidable ferrítico que se usa como material de una lámina, puede haber un deterioro en la capacidad de fabricación. Por tanto, es preferible que el contenido en Si sea del 2,5 % o menos, o más preferiblemente del 1,0 % o menos.

10 Mn: el 1,0 % o menos

Hay un caso en el que Mn deteriora la resistencia a la corrosión de una lámina de acero inoxidable al combinarse con S en el acero para formar MnS. Por tanto, es preferible que el contenido en Mn sea del 1,0 % o menos, o más preferiblemente del 0,8 % o menos.

15 S: El 0,030 % o menos

20 Tal como se describió anteriormente, el S deteriora la resistencia a la corrosión de una lámina de acero inoxidable al combinarse con Mn para formar MnS. Por tanto, es preferible que el contenido en S sea del 0,030 % o menos, o más preferiblemente del 0,008 % o menos.

P: El 0,050 % o menos

25 El P deteriora la capacidad de fabricación al deteriorar la ductilidad de una chapa de acero inoxidable ferrítico que se usa como material de una lámina. Por tanto, es preferible que el contenido en P sea lo más bajo posible. Sin embargo, no hay un deterioro significativo en la ductilidad en el caso en que el contenido en P sea del 0,050 % o menos. Por tanto, es preferible que el contenido en P sea del 0,050 % o menos, o más preferiblemente del 0,040 % o menos.

30 Cr: El 14 % o más y el 18 % o menos

Tal como se describió anteriormente, el Cr es un elemento químico que es necesario para lograr resistencia a la corrosión suficiente para una lámina de acero inoxidable, y el contenido en Cr se fija para que sea del 14 % o más y del 18 % o menos según la presente invención, o preferiblemente del 16 % o más y del 17 % o menos.

35 N: El 0,06 % o menos

40 El N deteriora la resistencia a la corrosión de una lámina de acero inoxidable al combinarse con Cr en el acero. Por tanto, es preferible que el contenido en N sea lo más bajo posible. Sin embargo, no hay un deterioro significativo en la resistencia a la corrosión en el caso en que el contenido en N sea del 0,06 % o menos. Por tanto, es preferible que el contenido en N sea del 0,06 % o menos, o más preferiblemente del 0,02 % o menos.

45 Aunque la composición química descrita anteriormente es una composición química básica particularmente adecuada de la lámina de acero inoxidable ferrítico para un sustrato de célula solar, pueden añadirse los elementos químicos siguientes en la presente invención según sea necesario además de la composición química básica descrita anteriormente.

Al: El 0,20 % o menos

50 El Al es un elemento químico que se usa para desoxidación, y tal efecto se realiza en el caso en que el contenido en Al sea del 0,001 % o más. Sin embargo, en el caso en que el contenido en Al sea de más del 0,20 %, dado que tienen a producirse defectos de superficie en una lámina de acero inoxidable, hay un caso en el que se deteriora la eficiencia de conversión fotoeléctrica de una célula solar. Por tanto, en el caso en que se añade Al, es preferible que el contenido en Al sea del 0,20 % o menos, o más preferiblemente del 0,10 % o menos.

55 Además de los elementos químicos descritos anteriormente, pueden añadirse uno o más de Ni, Mo, Cu, V y W en una cantidad del 1,0 % o menos cada uno con el fin de mejorar la resistencia a la corrosión. Además, pueden añadirse uno o más de Ca, Mg, elementos de tierras raras (también descritos como REM) y B en una cantidad del 0,1 % o menos cada uno con el fin de mejorar la trabajabilidad en caliente, la trabajabilidad en frío y la calidad de la superficie.

60 En este caso, el resto de la composición química consiste en Fe e impurezas inevitables. Entre las impurezas inevitables, es preferible que el contenido de O (oxígeno) sea del 0,02 % o menos.

Dureza Vickers: Hv250 o más

65 En el caso en que la dureza Vickers de una lámina de acero inoxidable sea de menos de Hv250, cuando se fabrica

una célula solar usando un método de rollo a rollo, tiende a producirse deformación de la lámina de acero inoxidable y tienden a producirse arrugas, una rotura y estirado. Por tanto, la dureza Vickers de la lámina de acero inoxidable ferrítico para un sustrato de célula solar se fija para que sea de Hv250 o más, o preferiblemente de Hv270 o más. En el caso en que la dureza sea excesivamente alta, tiende a producirse ondulación y por tanto existe la preocupación de que se deteriore el rendimiento de deposición. Por tanto, es preferible que la dureza Vickers sea de Hv450 o menos.

La dureza Vickers después de haberse sometido a un determinado procedimiento de crecimiento de capa de absorción óptica: Hv250 o más

En el caso en que una célula solar se fabrique usando un método de rollo a rollo, habitualmente se calienta un sustrato a una temperatura de 450 °C a 600 °C en un procedimiento de crecimiento de capa de absorción óptica. En el caso en que el sustrato se ablande hasta una dureza Vickers de menos de Hv250 debido a tal calentamiento, tiende a producirse deformación del sustrato en los procedimientos siguientes. Entonces, hay un deterioro en la productividad y la eficiencia de la conversión fotoeléctrica de una célula solar debido a la deformación del sustrato.

Por tanto, la lámina de acero inoxidable ferrítico para un sustrato de célula solar tiene la calidad de dureza (propiedad de resistencia al calor) de tener una dureza Vickers de Hv250 o más, o preferiblemente de Hv270 o más, después de haberse sometido a un determinado procedimiento de crecimiento de capa de absorción óptica. Sin embargo, en el caso en que la dureza Vickers sea excesivamente alta después de haberse realizado un tratamiento de calentamiento especificado, existe la preocupación de que se deteriore el rendimiento de deposición debido a la aparición de ondulación, y por tanto es preferible que la dureza Vickers sea de Hv450 o menos después de un determinado procedimiento de crecimiento de capa de absorción óptica.

Tal como se describió anteriormente, la lámina de acero inoxidable ferrítico para un sustrato de célula solar mantiene una dureza Vickers de Hv250 o más incluso después de haberse sometido a un procedimiento de crecimiento de capa de absorción óptica en que el sustrato se mantiene en un intervalo de temperatura de 450 °C o mayor y 600 °C o menor durante una duración de 1 minuto o más. Por tanto, en el caso en que se use la lámina de acero inoxidable ferrítico para un sustrato de célula solar fabricada según la presente invención como sustrato cuando se fabrica una célula solar usando un método de rollo a rollo, es posible suprimir la deformación del sustrato incluso después de haberse sometido a un procedimiento de crecimiento de capa de absorción óptica, y por tanto es posible proporcionar una célula solar con la que la productividad y la eficiencia de conversión fotoeléctrica sean satisfactorias.

Seguidamente, se describirá el método para fabricar la lámina de acero inoxidable ferrítico para un sustrato de célula solar.

La lámina de acero inoxidable ferrítico para un sustrato de célula solar se fabrica realizando recocido en una chapa de acero que se usa como material de la lámina, realizando después laminación en frío, y realizando posteriormente un tratamiento térmico en una atmósfera de gas inerte.

Además, se usa una chapa de acero inoxidable ferrítico que contiene, en % en masa, Cr: el 14 % o más y el 18 % o menos, como chapa de acero para el material de la lámina, se realiza laminación en frío con una reducción por laminación del 60 % o más y se realiza un tratamiento térmico de tal manera que la lámina de acero se calienta hasta una temperatura de tratamiento térmico T (°C) a una velocidad de calentamiento de 10 C/s o más y 100 °C/s o menos, que la lámina de acero se mantiene a la temperatura de tratamiento térmico T (°C) durante una duración de 1 segundo o más y 60 segundos o menos, y que la lámina de acero calentada se enfría a una velocidad de enfriamiento de 5 °C/s o más y 50 °C/s o menos.

No hay limitación particular sobre qué método se usa para fabricar una chapa de acero inoxidable ferrítico que se usa como material de la lámina, y la chapa de acero inoxidable puede fabricarse usando un método bien conocido convencionalmente. Por ejemplo, una chapa de acero inoxidable ferrítico que se usa como material de una lámina puede fabricarse realizando laminación en caliente en un desbaste plano que se ha colado usando un método de colada bien conocido tal como un método de colada continua, un método de colada-desbastado de lingotes y un método de colada continua de desbaste plano fino con el fin de obtener una chapa de acero laminada en caliente, realizando decapado y recocido en la chapa de acero laminada en caliente según sea necesario, y realizando después laminación en frío.

Al realizar recocido en la chapa de acero inoxidable ferrítico que se usa como material de una lámina obtenida tal como se describió anteriormente, y al realizar después laminación en frío, se obtiene una lámina de acero inoxidable. No hay limitación particular sobre qué condición se usa para el recocido descrito anteriormente, y, por ejemplo, puede realizarse recocido brillante, que se usa con frecuencia para una chapa de acero inoxidable ferrítico, y adicionalmente puede realizarse decapado después de haberse realizado el recocido.

Reducción por laminación de la laminación en frío: el 60 % o más

En el caso en que la reducción por laminación de la laminación en frío que se realiza tras el recocido descrito anteriormente, es decir, la reducción por laminación de la laminación en frío que se realiza en la chapa de acero inoxidable ferrítico que se usa como material de una lámina, sea de menos del 60 %, hay endurecimiento de trabajo insuficiente, y por tanto existe la preocupación de que la resistencia mecánica (dureza) para una lámina de acero inoxidable ferrítico para un sustrato de célula solar obtenida finalmente pueda ser insuficiente. En el caso de que tal lámina tenga resistencia mecánica (dureza) insuficiente, es difícil suprimir la aparición de deformación cuando se fabrica una célula solar usando un método de rollo a rollo, y por tanto no puede lograrse un rendimiento de deposición estable.

Por tanto, es preferible que la reducción por laminación de la laminación en frío sea del 60 % o más, o más preferiblemente del 80 % o más. Sin embargo, en el caso en que la reducción por laminación de la laminación en frío sea excesivamente alta, existe un aumento excesivo en la tensión residual mediante mecanizado, y por tanto la disminución en la tensión residual mediante mecanizado es insuficiente aunque se realice un tratamiento térmico, lo que da como resultado la preocupación de que la lámina puede tener una dureza Vickers de más de Hv450. Por tanto, es preferible que la reducción por laminación sea del 95 % o menos.

En este caso, es preferible que el grosor de una lámina de acero inoxidable después de haberse realizado la laminación en frío sea de 20 μm o más y 300 μm o menos, más preferiblemente de 20 μm o más y 120 μm o menos, o de manera adicional más preferiblemente de 30 μm o más y 80 μm o menos.

Una lámina de acero inoxidable ferrítico para un sustrato de célula solar se obtiene realizando un tratamiento térmico especificado en la lámina de acero inoxidable que se ha sometido a laminación en frío que se ha obtenido tal como se describió anteriormente. Este tratamiento térmico es muy importante para fabricar una lámina de acero inoxidable ferrítico para un sustrato de célula solar excelente en lo que se refiere al rendimiento de deposición dando a la lámina de acero inoxidable que se ha sometido a laminación en frío una propiedad de resistencia al calor suficiente para suprimir el ablandamiento debido a un procedimiento de crecimiento de capa de absorción óptica.

Después de haberse realizado laminación en frío en la chapa de acero inoxidable ferrítico que se usa como material de una lámina con una reducción por laminación del 60 % o más, se acumula una gran cantidad de tensión de trabajo en la lámina de acero inoxidable. En el caso en que tal lámina de acero inoxidable que se ha sometido a laminación en frío y en la que se acumula una gran cantidad de tensión de trabajo se use como sustrato de célula solar, el sustrato se ablanda cuando se libera la tensión de trabajo debido a que el sustrato está calentándose a alta temperatura en un procedimiento de crecimiento de capa de absorción óptica.

Por tanto, una lámina de acero inoxidable ferrítico para un sustrato de célula solar se obtiene realizando un tratamiento térmico en la lámina de acero inoxidable que se ha sometido a laminación en frío con el fin de disminuir la tensión de trabajo hasta una cantidad apropiada. Mediante el uso de tal lámina de acero inoxidable en la que se ha disminuido la tensión residual mediante mecanizado de antemano como sustrato de célula solar, es posible suprimir eficazmente el ablandamiento del sustrato debido a la liberación de la tensión de trabajo en un procedimiento de crecimiento de capa de absorción óptica. Además, dejando una cantidad apropiada de tensión de trabajo, es posible obtener una lámina de acero inoxidable que tenga resistencia mecánica (dureza) suficiente para suprimir la deformación, y por tanto hay una mejora en el rendimiento de deposición en un procedimiento continuo tal como uno que usa un método de rollo a rollo.

En este caso, es preferible que el tratamiento térmico descrito anteriormente se realice usando, por ejemplo, un horno de recocido continuo.

Es preferible que el tratamiento térmico descrito anteriormente se realice en una atmósfera de gas inerte con el fin de suprimir la oxidación de la capa de superficie de una lámina de acero inoxidable. No hay limitación particular sobre qué tipo de gas inerte se use, y los ejemplos del gas inerte incluyen gases reductores y gases inertes tales como gas nitrógeno, gas hidrógeno, gas argón, gas amoníaco descompuesto (mezcla de gases que contiene el 75 % en volumen de hidrógeno y el 25 % en volumen de nitrógeno) y gas HN (mezcla de gases que contiene el 5 % en volumen de hidrógeno y el 95 % en volumen de nitrógeno). Es preferible que el punto de rocío de estos gases sea de $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ o menor.

En este caso, es necesario optimizar las condiciones de tratamiento térmico con el fin de obtener una lámina de acero inoxidable ferrítico para un sustrato de célula solar excelente en lo que se refiere al rendimiento de deposición después de haberse sometido a un procedimiento de crecimiento de capa de absorción óptica dando una propiedad de resistencia al calor suficiente (es decir, la calidad de ablandarse sólo un poco debido al procedimiento de crecimiento de capa de absorción óptica) a una lámina de acero inoxidable que se ha sometido a laminación en frío. Es preferible que las condiciones de tratamiento térmico (temperatura de tratamiento térmico T, velocidad de calentamiento hasta la temperatura de tratamiento térmico T, tiempo de mantenimiento a la temperatura de tratamiento térmico T, y velocidad de enfriamiento después de haberse mantenido a la temperatura de tratamiento térmico T) se especifiquen tal como sigue.

Temperatura de tratamiento térmico T

Tal como se describió anteriormente, este tratamiento térmico se realiza con el fin de eliminar la tensión de trabajo que se ha acumulado en una lámina de acero inoxidable de antemano de modo que se suprima un fenómeno, en el que se libera una cantidad excesiva de tensión de trabajo en un sustrato en un procedimiento de crecimiento de capa de absorción óptica.

La temperatura de un sustrato en un procedimiento de crecimiento de capa de absorción óptica depende del tipo de material que forma la capa de absorción óptica, y, por ejemplo, en el caso en que se forme la capa de absorción óptica (capa de CIGS) de una célula solar de película compuesta de CIGS, la temperatura del sustrato se selecciona generalmente en un intervalo de temperatura de 450 °C a 600 °C. Por tanto, representando esta temperatura del sustrato en un procedimiento de crecimiento de capa de absorción óptica por X, la temperatura de tratamiento térmico T se determina basándose en X. Específicamente, la temperatura de tratamiento térmico T se determina de modo que la temperatura de tratamiento térmico T (°C) satisfaga las expresiones de relación (1) y (2) a continuación.

cuando $450\text{ °C} \leq X < 500\text{ °C}$, $300\text{ °C} \leq T \leq 750\text{ °C}$... (1),

cuando $500\text{ °C} \leq X \leq 600\text{ °C}$; $X-200\text{ °C} \leq T \leq 750\text{ °C}$ (2).

En el caso en que la temperatura de tratamiento térmico T sea menor de X-200 °C o menor de 300 °C, hay un caso en el que el efecto de eliminar la tensión de trabajo que se ha acumulado en un procedimiento de laminación en frío es insuficiente. Por consiguiente, existe la preocupación de que, en el caso en que se use la lámina de acero inoxidable que se ha sometido al tratamiento térmico como sustrato de célula solar, el sustrato puede ablandarse en un procedimiento de crecimiento de capa de absorción óptica. Por otro lado, en el caso en que la temperatura de tratamiento térmico T sea mayor de 750 °C, hay una disminución excesiva en la tensión de trabajo, y por tanto tiende a producirse deformación del sustrato en el procedimiento de fabricación de una célula solar, lo que da como resultado un deterioro en la productividad y la eficiencia de conversión fotoeléctrica de la célula solar.

Tiempo de mantenimiento a la temperatura de tratamiento térmico T: 1 segundo o más y 60 segundos o menos, más preferiblemente 1 segundo o más y 30 segundos o menos

En el caso en que el tiempo de mantenimiento a la temperatura de tratamiento térmico T descrita anteriormente sea de menos de 1 segundo, hay un caso en el que el efecto de disminuir la tensión de trabajo, que se ha acumulado en un procedimiento de laminación en frío, hasta una cantidad apropiada es insuficiente. Por otro lado, en el caso en que el tiempo de mantenimiento a la temperatura de tratamiento térmico T descrita anteriormente sea de más de 60 segundos, el efecto de eliminar la tensión de trabajo llega a saturarse. Por consiguiente, no hay un aumento adicional en el efecto de tensión de trabajo aunque el tiempo de mantenimiento a la temperatura de tratamiento térmico T descrita anteriormente sea de 60 segundos, lo que da como resultado sólo un deterioro en la productividad. Por tanto, es preferible que el tiempo de mantenimiento a la temperatura de tratamiento térmico T descrita anteriormente sea de 1 segundo o más y 60 segundos o menos, o más preferiblemente de 1 segundo o más y 30 segundos o menos.

En este caso, dado que existe una variación en la temperatura de tratamiento térmico T en el funcionamiento práctico de un horno de tratamiento térmico, el tiempo de mantenimiento puede definirse como el tiempo para el que la lámina de acero inoxidable se mantiene en un intervalo de temperatura de la temperatura de tratamiento térmico T $\pm 20\text{ °C}$.

Velocidad de calentamiento a la temperatura de tratamiento térmico T: 10 °C/s o más y 100 °C/s o menos

En el caso en que la velocidad de calentamiento a la que una lámina de acero inoxidable que se ha sometido a laminación en frío (es decir, una lámina de acero inoxidable a temperatura ambiente) se calienta hasta la temperatura de tratamiento térmico T sea menor de 10 °C/s, dado que tiende a producirse color de revenido (película de óxido fina) sobre la superficie de la lámina de acero inoxidable, hay un caso en el que la lámina de acero inoxidable no puede usarse como sustrato de célula solar. Además, en el caso en que la velocidad de calentamiento sea de más de 100 °C/s, dado que hay una distribución de temperatura no uniforme, existe la preocupación de que puedan producirse en la lámina deformaciones tales como aspereza (irregularidad); deformación central; y ondulación de los bordes, bordes que se estiran en una forma ondulada. Por tanto, es preferible que la velocidad de calentamiento sea de 10 °C/s o más y 100 °C/s o menos, o más preferiblemente de 20 °C/s o más y 70 °C/s o menos.

Velocidad de enfriamiento después de haberse mantenido a la temperatura de tratamiento térmico T: 5 °C/s o más y 50 °C/s o menos

En el caso en que la velocidad de enfriamiento sea de menos de 5 °C/s cuando la lámina de acero inoxidable se enfría hasta un intervalo de temperatura de 300 °C o menor después de haberse mantenido a la temperatura de tratamiento térmico T, dado que tiende a producirse un color de revenido sobre la superficie de la lámina de acero inoxidable, hay un caso en el que la lámina de acero inoxidable no puede usarse como sustrato de célula solar. Por

otro lado, en el caso en que la velocidad de enfriamiento es de más de 50 °C/s, dado que existe la preocupación de que pueda deteriorarse la forma de la lámina de acero inoxidable debido a la deformación de la lámina, es difícil lograr la precisión dimensional requerida para un sustrato de célula solar. Por tanto, es preferible que la velocidad de enfriamiento sea de 5 °C/s o más y 50 °C/s o menos, o más preferiblemente de 15 °C/s o más y 35 °C/s o menos.

Al realizar el tratamiento térmico descrito anteriormente, disminuye apropiadamente la tensión de trabajo de la lámina de acero inoxidable que se ha generado como resultado de realizar la laminación en frío. Como resultado, es posible obtener una lámina de acero inoxidable ferrítico para un sustrato de célula solar que tiene una dureza Vickers de Hv250 o más y una dureza Vickers de Hv250 o más después de haberse sometido a un procedimiento de crecimiento de capa de absorción óptica, en el que el sustrato se mantiene a un intervalo de temperatura de 450 °C o mayor y 600 °C o menor durante una duración de 1 minuto o más.

En este caso, en el caso en que una célula solar se fabrica usando la lámina de acero inoxidable ferrítico para un sustrato de célula solar fabricado según la presente invención, es preferible que la célula solar se fabrique usando los métodos siguientes.

Una célula solar de película fina se fabrica habitualmente, por ejemplo, formando una capa de contacto posterior compuesta por una capa de Mo, una capa de absorción óptica, una capa de amortiguación y una capa de contacto transparente en este orden sobre un sustrato, y formando además un electrodo de rejilla sobre la superficie de la capa de contacto transparente. Además, puede formarse una capa aislante entre el sustrato y la capa de contacto posterior. Mediante la formación de la capa aislante, puede obtenerse una estructura de célula solar integrada. Es preferible usar un método de rollo a rollo, que tiene la ventaja de la producción en masa, cuando se forman (la capa aislante) la capa de contacto posterior, la capa de absorción óptica, la capa de amortiguación y la capa de contacto transparente en este orden sobre el sustrato.

No hay limitación particular sobre qué método se usa para formar una capa de contacto posterior, y, por ejemplo, puede usarse cualquiera de un método de PVD (método de deposición física en fase de vapor), un método de CVD (método de deposición química en fase de vapor), un método de pulverización catódica, etc. Además, los ejemplos de un material que forma una capa de contacto posterior incluyen Mo. Tras haberse formado la capa de contacto posterior, se forma una capa de absorción óptica sobre la capa de contacto posterior.

Es muy importante controlar la temperatura del sustrato cuando se forma una capa de absorción óptica.

Por ejemplo, en el caso de una célula solar de CIGS, dado que puede lograrse una alta eficiencia de conversión fotoeléctrica cuando se forma la capa de absorción óptica (capa de CIGS) a alta temperatura, la temperatura del sustrato se selecciona habitualmente en un intervalo de temperatura de 450 °C a 600 °C cuando se forma una capa de absorción óptica (capa de CIGS). Por otro lado, en el caso en que el sustrato se calienta hasta un alto intervalo de temperatura de 450 °C a 600 °C cuando se forma la capa de absorción óptica en un procedimiento continuo usando un método de rollo a rollo, dado que hay una disminución en la dureza del sustrato, existe la preocupación de que pueda producirse la deformación del sustrato en los procedimientos continuos tras un procedimiento de crecimiento de capa de absorción óptica. En el caso en que se produzca deformación del sustrato tal como se describió anteriormente, no es posible evitar el deterioro en la productividad y la eficiencia de conversión fotoeléctrica de una célula solar.

Sin embargo, en el caso de la lámina de acero inoxidable ferrítico para un sustrato de célula solar fabricada según la presente invención, es posible mantener la dureza, es decir, una dureza Vickers de Hv250 o más, que es suficiente para suprimir la deformación del sustrato incluso después de que el sustrato se ha sometido a un procedimiento de crecimiento de capa de absorción óptica en el que el sustrato se mantiene a un intervalo de temperatura de 450 °C o mayor y 600 °C o menor durante una duración de 1 minuto o más.

No hay limitación particular sobre qué método se usa para formar una capa de absorción óptica siempre que la temperatura del sustrato se seleccione en un intervalo de temperatura de 450 °C o mayor y 600 °C o menor cuando se forma la capa, pudiendo formarse la capa usando, por ejemplo, un método de PVD tal como un método de evaporación y un método de pulverización, un método de CVD, un método de electrodeposición o un método de recubrimiento por centrifugación.

En este caso, dado que hay una variación en la temperatura del sustrato en el funcionamiento práctico de un aparato de formación de capa, es aceptable que X represente un intervalo de temperatura de la temperatura del sustrato ± 20 °C cuando se forma la capa.

Una vez que se ha formado una capa de absorción óptica, se forman una capa de amortiguación y una capa de contacto transparente en este orden sobre la capa de absorción óptica. Los ejemplos de un material que forma la capa de amortiguación incluyen materiales basados en CdS, materiales basados en InS y Zn(S, O, OH). Además, los ejemplos de un material que forma una capa de contacto transparente incluyen ZnO. No hay limitación particular sobre qué métodos se usan para formar una capa de amortiguación y una capa de contacto transparente, y puede usarse un método de CBD (método de deposición por baño químico), un método de evaporación, un método de

pulverización catódica y un método de CVD.

[Ejemplos]

5 Se requiere que un sustrato de célula solar tenga una excelente propiedad de resistencia al calor con la que sea posible suprimir el ablandamiento del sustrato debido a un procedimiento de crecimiento de capa de absorción óptica cuando se fabrica una célula solar usando un método de rollo a rollo, y se requiere que tenga un rendimiento de deposición excelente con el que sea posible suprimir la aparición de, por ejemplo, arrugas del sustrato debido a la deformación del sustrato incluso después del procedimiento de crecimiento de capa de absorción óptica. Esto se debe a que hay un deterioro en la productividad y la eficiencia de conversión fotoeléctrica de una célula solar en el caso en que, por ejemplo, se producen arrugas del sustrato durante la deposición en un procedimiento continuo tal como uno que usa un método de rollo a rollo.

15 Por tanto, en vista de los requisitos descritos anteriormente, se prepararon muestras de una lámina de acero inoxidable para un sustrato de célula solar, y se realizaron diversas pruebas con el fin de evaluar las propiedades descritas anteriormente. Los métodos para preparar las muestras, los diversos métodos de prueba y el método de evaluación se describirán a continuación en el presente documento.

20 (1) Método para preparar las muestras

Realizando el recocido brillante en las chapas de acero inoxidable que tienen las composiciones químicas mostradas en la tabla 1, y realizando después laminación en frío con las reducciones de laminación mostradas en la tabla 2 usando un laminador en frío 20-high Sendzimir (diámetro de rodillo: 55 mm), se obtuvieron láminas de acero inoxidable ferrítico que tenían un grosor de 50 μm .

25 Desgrasando las láminas de acero inoxidable que tenían un grosor de 50 μm obtenidas tal como se describió anteriormente, y realizando después un tratamiento de calentamiento en una atmósfera de gas nitrógeno que tenía un punto de rocío de $-65\text{ }^\circ\text{C}$, se obtuvieron las muestras de una lámina de acero inoxidable para un sustrato de célula solar. Las condiciones del tratamiento de calentamiento (la temperatura del tratamiento de calentamiento, el tiempo de mantenimiento a la temperatura del tratamiento de calentamiento, la velocidad de calentamiento hasta la temperatura del tratamiento de calentamiento y la velocidad de enfriamiento después de haberse mantenido a la temperatura de tratamiento térmico) se muestran en la tabla 2. En este caso, se prepararon algunas láminas de acero inoxidable (muestra n.º 1 en la tabla 2), como las muestras de una lámina de acero inoxidable para un sustrato de célula solar sin realizar el tratamiento térmico.

35 (2) Método para fabricar una célula solar usando un método de rollo a rollo

Usando las muestras que se habían preparado tal como se describió en (1) anteriormente como sustratos, se formó un electrodo posterior compuesto por una capa de Mo (que tenía un grosor de 1 μm) en el procedimiento continuo usando el método de rollo a rollo sobre el sustrato, y entonces se formó una capa de absorción óptica compuesta por $\text{Cu}(\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x)\text{Se}_2$ (que tenía un grosor de 2 μm) sobre el electrodo posterior compuesto por una capa de Mo. El electrodo posterior compuesto por una capa de Mo se formó usando un método de pulverización catódica. Además, la capa de absorción óptica se formó usando un método de evaporación de múltiples fuentes. En la tabla 2 se muestran la temperatura del sustrato y el tiempo de formación de capa (tiempo de mantenimiento a la temperatura del sustrato) entre las condiciones de formación de capa que se usaron cuando se formó la capa de absorción óptica.

50 (3) Prueba de dureza (la evaluación de la dureza Vickers antes y después del procedimiento de crecimiento de capa de absorción óptica)

Usando las muestras preparadas tal como se describió en (1) anterior y las muestras después de haberse formado una capa de absorción óptica tal como se describió en (2) anterior, se realizó una prueba de dureza Vickers según la norma JIS Z 2244 (1998) (la superficie sometida a prueba de la muestra: sección transversal en la dirección del grosor).

55 (4) Evaluación del rendimiento de deposición

Se evaluó el rendimiento de deposición realizando una prueba visual en la que se observó la superficie del sustrato cuando se realizó deposición en los procedimientos continuos antes y después del procedimiento de crecimiento de capa de absorción óptica con el fin de confirmar si se producían o no arrugas, una rotura o estirado debido a la deformación. Un caso en el que no se observó aparición de arrugas, una rotura o estirado debido a deformación se consideró un caso de rendimiento de deposición satisfactorio (O), y un caso en el que se observó aparición de de arrugas, una rotura o estirado debido a deformación se consideró un caso de rendimiento de deposición insatisfactorio (x). Además, un caso en el que se produjo aspereza u ondulación de los bordes distintos de arrugas, una rotura o estirado sobre la superficie de la lámina o un caso en el que se produjo un contacto anómalo con el aparato de formación de capa debido a un deterioro en la lisura del sustrato producido por la deformación descrita

ES 2 680 601 T3

anteriormente, se consideró un caso de rendimiento de deposición insatisfactorio (x). Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 2.

[Tabla 1]

5

Composición química (% en masa)							
C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	N
0,037	0,24	0,56	0,026	0,002	0,002	16,2	0,054

[Tabla 2]

Muestra n.º	Reducción por laminación en frío (%)	Condición de tratamiento térmico				Dureza (HV) ⁴	Rendimiento de deposición antes del crecimiento de capa de absorción óptica	Condición de crecimiento de capa de absorción óptica		Dureza tras crecimiento de capa de absorción óptica (HV)	Rendimiento de deposición después de crecimiento de capa de absorción óptica	Nota
		Temperatura de tratamiento térmico (°C)	Tiempo de mantenimiento (s) ^{*1}	Velocidad de calentamiento (°C/s) ^{*2}	Velocidad de enfriamiento (°C/s) ^{*3}			Temperatura de formación de capa (°C) ^{*5}	Tiempo de mantenimiento a la temperatura de formación de capa (minuto) ^{*6}			
1	85	No realizado	-	-	-	338	O	550	5	240	X	Ejemplo comparativo
2	60	300	3,1	29	18	309	O	450	1	304	O	Ejemplo
3	70	400	2,7	32	20	321	O	450	1	313	O	Ejemplo
4	85	700	1	100	34	324	O	450	5	315	O	Ejemplo
5	85	700	22	10	17	297	O	450	5	295	O	Ejemplo
6	85	750	2,4	33	23	288	O	450	5	291	O	Ejemplo
7	85	350	2,9	30	19	336	O	550	5	340	O	Ejemplo
8	40	400	2,7	32	20	275	O	550	5	234	X	Ejemplo comparativo
9	85	400	2,7	32	20	334	O	550	5	348	O	Ejemplo
10	85	700	2,5	44	25	321	O	550	5	333	O	Ejemplo
11	85	700	9,1	28	20	331	O	550	5	331	O	Ejemplo
12	85	750	2,4	33	23	288	O	550	5	282	O	Ejemplo
13	85	400	2,7	32	20	334	O	600	30	303	O	Ejemplo
14	85	700	2,5	44	25	321	O	600	30	286	O	Ejemplo
15	85	750	2,4	33	23	288	O	600	5	259	O	Ejemplo
16	60	275	5,5	37	22	315	O	450	5	243	X	Ejemplo comparativo
17	65	325	4,8	31	27	298	O	550	5	232	X	Ejemplo comparativo
18	60	775	4,6	24	19	233	X	-	-	-	-	Ejemplo comparativo

*1) Tiempo de retención durante el cual una lámina de acero inoxidable se mantiene en un intervalo de temperatura de tratamiento térmico de ±20 °C.
 *2) Velocidad de calentamiento promedio cuando el calentamiento se realiza desde la temperatura ambiente (30 °C) hasta la temperatura de tratamiento térmico.
 *3) Velocidad de enfriamiento promedio cuando el enfriamiento se realiza desde la temperatura de tratamiento térmico hasta la temperatura a la salida del horno de tratamiento térmico.
 *4) Dureza de una lámina de acero inoxidable antes de formarse una capa de absorción óptica.
 *5) Temperatura de un sustrato cuando se forma una capa de absorción óptica.
 *6) Tiempo de retención durante el cual un sustrato se mantiene en un intervalo de temperatura de formación de capa de ±20 °C.

Tal como indica la tabla 2, se confirman los siguientes hechos.

5 En el caso de las muestras de los ejemplos de la presente invención (n.^{os} 2 a 7, y 9 a 15), la dureza Vickers fue de Hv250 o más después de un procedimiento de crecimiento de capa de absorción óptica, y no se observó la aparición de por ejemplo arrugas, lo que significa que se mantenía un rendimiento de deposición satisfactorio. En cambio, en el caso de las muestras de los ejemplos comparativos (n.^{os} 1, 8 y 16 a 18) donde no se realizó un tratamiento térmico o donde la temperatura de tratamiento térmico estaba fuera del intervalo según la presente invención, la dureza Vickers fue de menos de Hv250 antes o después de un procedimiento de crecimiento de capa de absorción
10 óptica, y se observó la aparición de por ejemplo arrugas, lo que significa que el rendimiento de deposición fue insatisfactorio.

15 En este caso, en el caso de los ejemplos descritos anteriormente, se formó un electrodo posterior sobre el sustrato de las muestras usando un método de pulverización catódica, y se formó una capa de absorción óptica usando un método de evaporación de múltiples fuentes. Sin embargo, en la presente invención, incluso en el caso en que se forman un electrodo posterior y una capa de absorción óptica usando métodos distintos a estos, se obtienen los mismos efectos que los obtenidos en los ejemplos de la presente invención descrita anteriormente.

20 **[Aplicabilidad industrial]**

Según la presente invención, incluso en el caso en que se usa una lámina de acero inoxidable que es económica y que puede producirse en masa como sustrato de célula solar, cuando se fabrica una célula solar usando un método de rollo a rollo, es posible suprimir la aparición de, por ejemplo, arrugas debido a la deformación del sustrato incluso después de que el sustrato se ha sometido a un procedimiento de crecimiento de capa de absorción óptica y es
25 posible mantener un rendimiento de deposición excelente. Por tanto, hay una disminución en el coste de fabricación de una célula solar, y puede esperarse una mejora en la eficiencia de conversión fotoeléctrica, lo que da como resultado un efecto significativo en la industria.

REIVINDICACIONES

1. Método para fabricar una lámina de acero inoxidable ferrítico para un sustrato de célula solar, comprendiendo el método realizar recocido en una chapa de acero inoxidable ferrítico que tiene una composición química que contiene, en % en masa, Cr: el 14 % o más y el 18 % o menos, realizar después laminación en frío con una reducción por laminación del 60 % o más, y realizar posteriormente un tratamiento térmico en una atmósfera de gas inerte de tal manera que la lámina de acero inoxidable ferrítico resultante se calienta hasta una temperatura de tratamiento térmico T(°C) a una velocidad de calentamiento de 10 °C/s o más y 100 °C/s o menos, que la lámina de acero se mantiene a la temperatura de tratamiento térmico T (°C) durante una duración de 1 segundo o más y 60 segundos o menos, y que la lámina de acero calentada se enfría a una velocidad de enfriamiento de 5 °C/s o más y 50 °C/s o menos,
- 5
- 10
- en el que la temperatura de tratamiento térmico T (°C) satisface las expresiones de relación (1) y (2) a continuación según la temperatura X de un sustrato en un procedimiento de crecimiento de capa de absorción óptica seleccionado en un intervalo de temperatura de 450 °C o mayor y 600 °C o menor:
- 15
- cuando $450\text{ °C} \leq X < 500\text{ °C}$, $300\text{ °C} \leq T \leq 750\text{ °C}$... (1),
- 20
- cuando $500\text{ °C} \leq X \leq 600\text{ °C}$; $X-200\text{ °C} \leq T \leq 750\text{ °C}$ (2).