

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 517 441**

51 Int. Cl.:

G01N 25/72 (2006.01)

G01R 31/26 (2014.01)

G01R 31/265 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.09.2011** **E 11778539 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.08.2014** **EP 2622332**

54 Título: **Procedimiento para el análisis de sistemas fotovoltaicos de capas por medio de termografía**

30 Prioridad:

28.09.2010 EP 10180708

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
03.11.2014

73 Titular/es:

SAINT-GOBAIN GLASS FRANCE (100.0%)
18, avenue d'Alsace
92400 Courbevoie, FR

72 Inventor/es:

DALIBOR, THOMAS

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 517 441 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

Procedimiento para el análisis de sistemas fotovoltaicos de capas por medio de termografía

La invención pertenece al campo técnico de la fabricación de instalaciones para la generación de energía fotovoltaica y se refiere a un procedimiento para el análisis de evaluación cuantitativa de sistemas fotovoltaicos de capas.

Las células solares posibilitan una conversión directa de radiación de luz en corriente eléctrica. Con respecto al rendimiento, se han revelado como ventajosas las células solares de capa fina a base de semiconductores de calcopirita policristalina. Aquí especialmente el diseleniuro de cobre indio (CuInSe_2 o bien CIS), en virtud de su distancia de banda adaptada al espectro de la luz solar, se caracteriza por un coeficiente de absorción especialmente alto. Las células solares de capa fina necesitan para una resistencia mecánica suficiente sustratos de soporte especiales, que contienen la mayoría de las veces vidrio inorgánico, polímeros o aleaciones de metales y pueden estar configurados en función del espesor de capa y de las propiedades del material como placas rígidas o láminas flexibles. Puesto que con células solares individuales típicamente sólo se pueden conseguir niveles de tensión inferiores a 1 voltio, se conectan en serie, en general, muchas células solares en un módulo solar, para obtener de esta manera una tensión de salida técnicamente útil. En este caso, los módulos solares de capa fina ofrecen la ventaja especial de que las células solares se pueden conectar en serie ya durante la fabricación de las capas en forma integrada. Para asegurar una protección duradera frente a las influencias del medio ambiente, se combinan las células solares normalmente con vidrios de cal sódica y láminas de polímeros adherentes para formar un compuesto estable a la intemperie.

Ahora durante la fabricación de módulos solares aparecen defectos de diferentes tipos, que provocan de manera desfavorable pérdidas de potencia eléctrica internas y de esta manera reducen el rendimiento de módulos solares. La causa esencial de tales pérdidas de potencia son, por ejemplo, cortocircuitos (Shunts), que conducen a una tasa de recombinación localmente elevada de portadores de carga, y resistencias en serie altas, que resultan esencialmente a partir de las resistencias óhmicas de contactos metálicos, líneas de alimentación y material semiconductor así como resistencias de contacto de contactos de semiconductores metálicos. Además, por ejemplo, los defectos mecánicos como grietas, roturas y delaminaciones o variaciones de la calidad del material conducen a pérdidas de potencia.

En la fabricación en serie de módulos solares, en el marco de un control de calidad satisfactorio, en particular para el cumplimiento de determinadas especificaciones de calidad, es importante poder reconocer módulos solares con altas pérdidas de potencia internas. Con esta finalidad se conocen técnicas especiales de medición de infrarrojos, en las que se genera una corriente eléctrica en el módulo solar y por medio de una cámara de infrarrojos se registra una imagen térmica de la superficie del módulo solar. Puesto que todos los procesos elementales en las células solares están unidos siempre con una disipación de calor y los defectos, como cortocircuitos y resistencias en serie están afectados típicamente con una potencia de pérdida relativamente alta, éstos se pueden reconocer a través de una temperatura localmente elevada de la superficie del módulo solar. En la imagen térmica aparecen los defectos, por ejemplo, como lugares (o zonas) más claros (más calientes) ("hot spots"). En la literatura científica se ha descrito ya en detalle este modo de proceder en una pluralidad de publicaciones. Solamente a modo de ejemplo se remite a este respecto al artículo técnico con el título "Quantitative Evaluation of Shunts in Solar Cells by Lock-in Thermography" de O. Breitenstein y col. en "Progress in Photovoltaics Research and Applications" (Prog. Photovolt: Res. Appl. 2003; 11:515-526) y a los lugares citados allí. Otro antecedente técnico se puede deducir a partir de la solicitud de patente US 2010/182421 A1.

En la fabricación en serie de módulos solares se evalúan visualmente, en general, las imágenes térmicas, realizando con la ayuda de la pluralidad de lugares más claros una manifestación cualitativa basada esencialmente sobre experiencias del evaluador sobre su calidad.

La solicitud de patente de los Estados Unidos US 2010/201374 A1 describe un procedimiento para el análisis de un sistema fotovoltaico de capas, en el que se evalúa una imagen resuelta localmente de la radiación térmica de una superficie del sistema de capas.

En cambio, el cometido de la presente invención consiste en proporcionar un análisis cuantitativo de los módulos solares, que posibilita una evaluación automática de la calidad de módulos solares. Éstos y otros cometidos se solucionan de acuerdo con la propuesta de la invención por medio de un procedimiento con las características de la reivindicación independiente de la patente. Las configuraciones ventajosas de la invención se indican a través de las características de las reivindicaciones dependientes.

De acuerdo con la invención, se muestra un procedimiento para el análisis de evaluación cuantitativa de un sistema de capas para la generación de energía fotovoltaica. En el sistema de capas tiene lugar una separación de los portadores de carga generados o excitones, por ejemplo a través de campos eléctricos internos. El sistema de capas comprende con preferencia al menos una capa de semiconductores que forma de una hetero-transición o bien de una transición-pn, es decir, una secuencia de zonas con diferente tipo de potencia.

En el sistema fotovoltaico de capas se puede tratar, por ejemplo, de una célula solar (individual), de varias células

solares conectadas en serie o como matriz o de un módulo solar que contiene una pluralidad de células conectadas en serie. En particular, en el módulo solar se puede tratar de un módulo solar de capa fina, en el que las células solares están conectadas en serie, por ejemplo, en forma integrada. Tal módulo de capa fina comprende típicamente al menos un sustrato de soporte así como una primera capa de electrodos, una segunda capa de electrodos y al menos una capa de semiconductores dispuesta entre las dos capas de electrodos. Normalmente la capa de semiconductores está dotada con una sustancia de dotación. De manera alternativa, la capa de semiconductores se puede dotar con una sustancia, por ejemplo sodio, que conduce a una dotación intrínseca a través de la formación de defecto propio. Con preferencia, la capa de semiconductores está constituida por un compuesto de calcopirita, en el que se puede tratar especialmente de un semiconductor-I-III-IV del grupo de cobre-indio/galio-diazufre/diseleniuro (Cu(InGa)(SSe)_2), por ejemplo diseleniuro de cobre-indio (CuInSe_2 o bien CIS), (Cu(InGa)(SSe)_2) dotado con sodio o compuestos relacionados.

Pero en el sistema fotovoltaico de capas se puede tratar también de un producto intermedio en la fabricación de células solares o bien de módulos solares, que comprende al menos una capa de semiconductores que forma una transición-pn.

En el procedimiento de acuerdo con la invención para el análisis de evaluación cuantitativa del sistema fotovoltaico de capas se genera una corriente eléctrica en el sistema de capas, a través de la cual se provoca una potencia de pérdida eléctrica en la zona de defectos del sistema de capas, de manera que los defectos se puede reconocer a través de una temperatura elevada, frente a la temperatura ambiente, de una superficie del sistema de capas. La corriente eléctrica se puede generar a través de la aplicación de una tensión eléctrica en la dirección de bloqueo y/o en la dirección de flujo de la transición-pn al sistema de capas. Pero también es concebible que la corriente en el sistema de capas sea generada si contacto a través de radiación con luz, pudiendo someterse de esta manera especialmente los productos intermedios durante la fabricación de módulos solares, que no disponen todavía de conexiones eléctricas exteriores, de manera sencilla para un análisis de evaluación cuantitativa a través del procedimiento de acuerdo con la invención.

En una relación temporal adecuada para la detección de las pérdidas de potencia generadas a través del flujo de corriente, en particular simultáneamente o casi al mismo tiempo que la generación de corriente se genera por medio de una cámara de formación de imágenes de calor o bien una cámara de infrarrojos una imagen térmica de la radiación de calor de una superficie del sistema fotovoltaico de capas. En los módulos solares se puede tratar en este caso especialmente de la superficie prevista para la incidencia de la luz. Típicamente, la imagen térmica que detecta la radiación térmica se basa en una distribución de calor de la superficie del sistema de capas. En este caso, de manera ventajosa se emplea la llamada "Lock-in Technik", en la que para la generación de corriente en el sistema de capas se utiliza un procedimiento de modulación. Puesto que este modo de proceder no es esencial para la comprensión de la invención y es totalmente conocido por el técnico, no es necesario describirlo en detalle.

La imagen térmica (digital) está compuesta como imagen reticular digital a partir de una pluralidad de puntos de la imagen o bien de celdas de la imagen (Pixel). De manera correspondiente, la superficie del sistema de capas se puede dividir al menos conceptualmente en una pluralidad de elementos superficiales, a los que se puede asociar en cada caso de una manera unívoca un punto de la imagen térmica. Por otra parte, a cada punto de la imagen está asociado como valor del punto de la imagen un valor de la intensidad de acuerdo con la temperatura de la superficie del elemento superficial correspondiente. En la imagen térmica, los puntos de la imagen (Pixel), que corresponden a lugares de la superficie con diferente temperatura superficial, presentan un valor de la intensidad diferente entre sí. En este caso, aparecen puntos de la imagen que corresponden a los lugares más calientes de la superficie, por ejemplo más claros y tienen, por consiguiente, un valor más elevado de la intensidad, mientras que los puntos de la imagen, que corresponden a lugares más fríos, aparecen más oscuros y, por consiguiente, tienen un valor de la intensidad más bajo. En una escala alternativa, un lugar más caliente de la superficie puede corresponder a un punto de la imagen más oscuro y un lugar más frío puede corresponder de manera correspondiente a un punto de la imagen más claro. De manera alternativa, la imagen térmica puede estar representada en colores falsos, de manera que se asocian a diferentes colores diferentes valores de la intensidad. Por otra parte, los puntos de la imagen (Pixel), que corresponden a lugares de la superficie con una misma temperatura superficial, tienen un valor igual de la intensidad.

A continuación, sobre la base de la imagen térmica se calcula una distribución de la intensidad de la radiación térmica relacionada con el número respectivo de puntos de la imagen con el mismo valor de la intensidad. Expresado de otra manera, para cada valor de la intensidad de la imagen térmica se calcula el número de los puntos de la imagen con este valor de la intensidad, A partir de la distribución de la intensidad relacionada con el número de puntos de la imagen se calcula a continuación un valor medio de la intensidad o de manera alternativa la mediana de la intensidad.

Además, se calcula un intervalo de la intensidad que se basa en la distribución de la intensidad sobre la base de una medida predeterminable para una dispersión de la distribución de la intensidad. La medida predeterminable para la dispersión de la distribución de la intensidad se basa en el valor medio/mediana de la intensidad. Con preferencia, como medida para la dispersión de la distribución de la intensidad se calcula una desviación estándar o un cuantil, en particular cuartil del valor medio/mediana de la intensidad de la distribución de la intensidad y se establece el intervalo de la intensidad sobre la base de la desviación estándar o bien del cuantil. Por ejemplo, el intervalo de la

intensidad corresponde en este caso a n-veces la desviación estándar o del cuantil, en particular cuartil (n es un número decimal, en particular un número entero mayor que cero), por ejemplo una o varias veces (por ejemplo dos o tres veces) la desviación estándar o el cuantil, en particular cuartil.

A continuación se calcula un índice a través de la suma de productos, de manera que los productos se dan en cada caso por el número de puntos de la imagen con el mismo valor de la intensidad multiplicado con este valor de la intensidad. En este caso es esencial que los productos solamente se sumen para aquellos valores de la intensidad, que son mayores que el valor medio de la intensidad o bien la mediana de la intensidad elevados en el intervalo de la intensidad.

Entonces se compara el índice calculado o de manera alternativa un valor de cálculo que se basa en él con un índice de referencia predeterminable, de manera que se asigna al sistema de capas un primer resultado de la evaluación, en el caso de que el índice sea mayor o igual que el índice de referencia, o se asigna un segundo resultado de la evaluación diferente del primer resultado de la evaluación, en el caso de que el índice sea menor que el índice de referencia. En el primer resultado de la evaluación se puede tatar, por ejemplo, de la manifestación “el sistema de capas no cumple la calidad requerida”, en el segundo resultado de la evaluación se trata, por ejemplo, de la manifestación “el sistema de capas cumple la calidad requerida”.

Como han mostrado los ensayos de la solicitante, a través del procedimiento de acuerdo con la invención se pueden someter los sistemas fotovoltaicos de capas como células solares y módulos solares de manera sencilla a un análisis y evaluación cuantitativos automáticos de su calidad. El procedimiento posibilita que los sistemas de capas con pérdidas de potencia internas alta son deseables sean reconocidos de manera fiable y segura en virtud de defectos, de manera que se puede garantizar el cumplimiento de requerimientos de calidad y de control.

Como ya se ha indicado, en el procedimiento de acuerdo con la invención, la corriente que provoca una potencia de pérdida se puede generar a través de la aplicación de una tensión en la dirección de bloqueo y/o en la dirección de flujo de la corriente de la transición-pn. En el caso de que se aplique una tensión en la dirección de bloqueo, la potencia de pérdida eléctrica a parece esencialmente a través de la resistencia óhmica de la capa de semiconductores, de manera que las líneas de estructuración, que están configuradas en un módulo solar para un circuito eléctrico en serie de las células solares, se calientan en este caso de manera especialmente fuerte. Por otra parte, a través de una tensión aplicada en la dirección de flujo se pueden reconocer de manera predominante las potencias de pérdida en la zona de las células. De manera ventajosa, en el procedimiento de acuerdo con la invención se aplican tensiones con diferente polaridad y/o diferentes valores de la tensión, para hacer diferenciables de esta manera en particular los defectos de diferente tipo en el sistema de capas.

En otra configuración ventajosa del procedimiento de acuerdo con la invención, se normaliza el índice calculado, siendo dividido, por ejemplo, por un índice general. El índice general se calcula sumando productos, dados por el número respectivo de puntos de la imagen con el mismo valor de la intensidad multiplicado por el valor de la intensidad, para todos los valores de la intensidad de la distribución de la intensidad. En este caso, además, puede ser ventajoso que como valor de cálculo, que se basa en el índice, se calcule para la comparación con el índice de referencia un cociente entre el índice y el índice general. De manera alternativa, puede ser ventajoso que como un valor de cálculo que se basa en el índice para la comparación con el índice de referencia se calcule una diferencia entre el índice y el índice general.

En otra configuración ventajosa del procedimiento de acuerdo con la invención, se calcula, respectivamente, un índice separado para una pluralidad de secciones diferentes entre sí de la superficie del sistema de capas. Los índices calculados para las diferentes secciones de la superficie del sistema de capas posibilitan un movimiento por secciones de la calidad del sistema fotovoltaico de capas, con lo que especialmente para el caso de que en determinadas secciones aparezca un número alto de defectos, a través de la información sobre la posición espacial ya durante la fabricación se pueden tomar medidas selectivas para la mejora de la calidad del sistema de capas. En esta configuración del sistema de capas puede ser especialmente ventajoso que las secciones contengan en cada caso al menos una línea de estructuración para la estructuración del sistema de capas, puesto que aparecen defectos con frecuencia en la zona de las líneas de estructuración.

Las secciones se pueden formar de manera ventajosa también de acuerdo con ello porque se separan en zonas que contienen solamente las líneas de estructuración y aquellas que contienen solamente puras porciones de células.

La invención se extiende, además, a la utilización de un procedimiento como se ha descrito anteriormente para el análisis de evaluación de módulos solares, en particular módulos solares de capa fina, cuya capa de semiconductores está constituida por un compuesto de calcopirita, en particular $\text{Cu}(\text{InGa})(\text{S,Se})_2$.

A continuación se explica en detalle la invención con la ayuda de un ejemplo de realización, en el que se hace referencia a las figuras adjuntas. Se muestra lo siguiente en representación simplificada, no a escala:

La figura 1 muestra una representación esquemática de una estructura ejemplar para la realización del procedimiento de acuerdo con la invención.

Las figuras 2A-2B muestran imágenes térmicas de un módulo solar con número reducido de defectos (figura 2A) y

número alto de defectos (figura 2B).

La figura 3 muestra un diagrama para la ilustración de las distribuciones de la intensidad de las imágenes térmicas de las figuras 2A-2B.

En la figura 1 se ilustra de manera esquemática una estructura ejemplar 1 para la realización del procedimiento de acuerdo con la invención. De acuerdo con ello, la estructura 1 comprende un módulo solar de capa fina 5 a analizar, que dispone de manera habitual de una pluralidad de células solares conectadas en serie en forma integrada para la generación de energía fotovoltaica, lo que no se representa en detalle en la figura 1.

Como se puede deducir a partir de la representación ampliada del módulo solar de capa fina 5 de la figura 1, cada célula solar del módulo solar de capa fina 1 puede presentar de forma ejemplar el siguiente sistema de capas: sobre un primer sustrato 11 aislante, que está constituido, por ejemplo, de vidrio con una transparencia a la luz relativamente reducida, está dispuesta una capa trasera de electrodos 12, que está constituida, por ejemplo, de un metal opaco como molibdeno (Mo). Sobre la capa trasera de electrodos 12 está separada una capa de absorción 13 activa fotovoltaica de un semiconductor dotado. Por ejemplo, la capa de absorción 13 está constituida de un semiconductor de calcopirita conductor-p, en particular de un compuesto del grupo $\text{Cu}(\text{InGa})(\text{SSe})_2$, por ejemplo diselenio de cobre-indio (CInSe_2) dorado con sodio (Na). Sobre la capa de absorción 13 está separada una capa de cobre 14, que está constituida aquí, por ejemplo, por una capa individual de sulfuro de cadmio (CdS) y por una capa individual de óxido de cinc intrínseco (i-ZnO). Sobre la capa tampón 14 está aplicada una capa frontal de electrodos transparente 15, por ejemplo a través de evaporación, que está constituida, por ejemplo, de un óxido metálico dotado, por ejemplo óxido de cinc (ZnO) conductor-n, dotado con aluminio (Al). De esta manera, se forma una hetero transición, es decir, una secuencia de capas de diferente tipo de material y de tipo de línea opuesto. Para la protección contra influencias del medio ambiente, se aplica sobre la capa delantera de electrodos 15 una capa adhesiva 16 que está constituida, por ejemplo, de polivinilbutiral (PVB) y/o etileno vinil acetato (EVA). Además, está previsto un segundo sustrato 17 transparente para la luz solar, que está constituido, por ejemplo, por vidrio extra blanco con reducido contenido de hierro. El segundo sustrato 17 está conectado con el primer sustrato 11 a través de la capa adhesiva 16 y sirve para el sellado del sistema de capas.

El módulo solar de capa fina 1 se puede fabricar de manera sencilla y económica en la fabricación en serie industrial, de manera que las diferentes capas son separadas sobre el primer sustrato 11 y se estructuran empleando una tecnología de estructuración adecuada como escritura por láser y mecanización mecánica, por ejemplo a través de erosión o estriado, para la fabricación de las células solares conectadas en serie. Tal estructuración comprende para cada célula solar de manera típica tres etapas de estructuración para la fabricación de tres líneas de estructuración, que no se muestran en la representación ampliada del módulo solar de capa fina de la figura 1.

Como se puede reconocer en la figura 1, el módulo solar de capa fina 5 está alojado con su lado inferior sobre un soporte plano 4, de manera que un lado superior o bien superficie superior 10 del lado de entrada de la luz del módulo solar de capa fina 5 está libre. En dos conexiones exteriores 9 colocadas opuestas entre sí, que están conectadas con las capas delantera y trasera de electrodos 12, 15, respectivamente, de las células solares, el módulo solar de capa fina 1 está conectado a través de primeras líneas eléctricas 7 con una fuente de tensión regulable. Por encima de la superficie 10 del lado de entrada de la luz del módulo solar de capa fina está colocada una cámara de infrarrojos 2, a través de la cual se puede registrar con resolución local la radiación térmica de la superficie 10 en una imagen térmica. En general, la radiación térmica corresponde a una distribución de la temperatura de la superficie 10 del módulo solar de capa fina 1. No se representan elementos ópticos de la estructura 1 a reproducir. Tanto la cámara de infrarrojos 2 como también la fuente de tensión 6 están conectadas de acuerdo con la tecnología de datos a través de segundas líneas eléctricas 8 (líneas de datos) con una instalación de mando/control 3 basada en procesador.

Controlado por la instalación de mando/control 3 se aplica para un análisis cuantitativo del módulo solar de capa fina 5 en primer lugar a través de la fuente de tensión 6 una tensión eléctrica en las dos conexiones exteriores 9 del módulo solar de capa fina 5. De esta manera se genera una corriente eléctrica en el módulo solar de capa fina 5, a través de la cual se inducen potencias de pérdida eléctrica especialmente en la zona de los defectos del módulo solar de capa fina 1, que se pueden reconocer como elevación local de la temperatura en los lugares de los defectos en la superficie 10 del módulo solar de capa fina 5. La tensión aplicada es sometida a una modulación determinada, lo que no se describe aquí en detalle. Al mismo tiempo o bien en una relación temporal adecuada con la generación de corriente se genera por medio de la cámara de infrarrojos 2 una imagen térmica resuelta localmente de la radiación térmica de la superficie 10 del módulo solar de capa fina 5.

En las figuras 2A y 2B se muestran de forma ejemplar dos imágenes térmicas diferentes para el caso de un módulo solar de capa fina 5 con un número más reducido de defectos (figura 2A) y con un número mayor de defectos (figura 2B). En las imágenes térmicas se pueden reconocer los defectos frente al entorno más frío, respectivamente, como lugares calientes. Los puntos de la imagen (Pixel) que corresponden a los defectos presentan de esta manera un valor de intensidad más elevado que los puntos de la imagen, que corresponden al entorno de defectos más frío. En las dos figuras se pueden reconocer, además, líneas paralelas finas, que corresponden a líneas de estructuración para la conexión en serie de las células solares.

Entonces se calcula a partir de las imágenes térmicas una distribución de la intensidad (histograma) relacionada con el mismo valor de la intensidad de la radiación térmica. Tal distribución de la intensidad se muestra como diagrama para las dos imágenes térmicas de las figuras 2A y 2B en la figura 3. En el diagrama se indica como abscisa A la amplitud o bien la intensidad en unidades relativas y como ordenada se indica el número N de puntos de la imagen. La curva I corresponde a la figura 2A, la curva II corresponde a la figura 2B. La curva II muestra claramente – en correspondencia con el número mayor de defectos – en una zona media de la amplitud del diagrama muchísimos más puntos de la imagen que la curva I.

A continuación se calcula a partir de la distribución de la intensidad un valor medio de la amplitud o bien de la intensidad y la desviación estándar utilizando procedimientos estadísticos convencionales. En la evaluación siguiente se calcula un índice K, sumando productos, que se dan, respectivamente, a través del número de puntos de la imagen con el mismo valor de la intensidad, multiplicado por este valor de la intensidad. La suma se realiza aquí, por ejemplo, solamente para aquellos valores de la intensidad, que son mayores que el valor medio de la intensidad elevado con la desviación estándar.

Como resultado se obtiene para la curva I un valor $K_I = 157277$ y para la curva II un valor $K_{II} = 273340$. De manera correspondiente, el número mayor de defectos K_{II} es esencialmente mayor que K_I .

Sobre la base de este índice K se puede realizar ahora un evaluación matemática de la calidad del módulo solar de capa fina 5, comparando el índice K con un índice de referencia predeterminable, siendo asignado al módulo solar de capa fina 5 un primer resultado de la evaluación, en el caso de que el índice K sea mayor o igual que el índice de referencia, o siendo asignado un segundo resultado de la evaluación diferente del primer resultado de la evaluación, en el caso de que el índice K sea menor que el índice de referencia.

El índice de referencia depende de los requerimientos especiales de la calidad planteados al módulo solar de capa fina 5. En el presente ejemplo de realización, se establece el índice de referencia, por ejemplo, como 200000. Al módulo solar de capa fina 5 con la imagen gráfica de la figura 2A, que presenta un índice $K = 157277$, se asigna de esta manera el resultado de la evaluación "El sistema de capas cumple la calidad requerida", mientras que al módulo solar de capa fina 5 con la imagen gráfica de la figura 2B, que presenta un índice $K_{II} = 273340$, se asigna, por ejemplo, el resultado de la evaluación "El sistema de calidad no cumple la calidad requerida" y de acuerdo con ello se elimina.

La presente invención proporciona un procedimiento automático para el análisis cuantitativo de células solares y módulos solares, que posibilita una evaluación sencilla y fiable de su calidad.

Lista de signos de referencia

- 1 Estructura
- 2 Cámara de infrarrojos
- 3 Instalación de mendo/control
- 4 Soporte
- 5 Módulo solar de capa fina
- 6 Fuente de tensión
- 7 Primera línea eléctrica
- 8 Segunda línea eléctrica
- 9 Conexión
- 10 Superficie
- 11 Primer sustrato
- 12 Capa trasera de electrodos
- 13 Capa de absorción
- 14 Capa tampón
- 15 Capa delantera de electrodos
- 16 Capa adhesiva
- 17 Segundo sustrato

REIVINDICACIONES

- 1.- Procedimiento para el análisis de evaluación de un sistema fotovoltaico de capas (S), con las siguientes etapas:
generación de una corriente eléctrica en el sistema de capas (5);
generación de una imagen resuelta localmente de la radiación térmica de una superficie (10) del sistema de capas (5);
determinación de una distribución de la intensidad de la radiación térmica, relacionada con el número respectivo de puntos de la imagen con el mismo valor de la intensidad;
determinación de un valor medio/mediana de la intensidad a partir de la distribución de la intensidad;
determinación de un intervalo de la intensidad que se basa en la distribución de la intensidad a través de la aplicación de una regla de cálculo predeterminable;
determinación de un índice a través de la suma de productos, dados respectivamente por el número de puntos de la imagen con el mismo valor de la intensidad multiplicado por el valor de la intensidad, para todos los valores de la intensidad por encima del valor medio/mediana de la intensidad elevado en el intervalo de la intensidad;
comparación del índice o de un valor de cálculo que se basa en él con un índice de referencia predeterminable, en el que al sistema de capas está asignado un primer resultado de la evaluación, en el caso de que el índice sea mayor o igual al índice de referencia, o se asigna un segundo resultado de la evaluación en el caso de que el índice sea menor que el índice de referencia.
- 2.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que el sistema fotovoltaico de capas (5) comprende al menos una capa de semiconductores que forma una transición-pn.
- 3.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizado por que la corriente eléctrica en el sistema de capas (5) es generada mediante la aplicación de una tensión eléctrica en la dirección de bloqueo y/o en la dirección de flujo de la corriente de la transición-pn.
- 4.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, caracterizado por que se aplican tensiones con diferente polaridad y/o diferente tamaño.
- 5.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, caracterizado por que la corriente eléctrica es generada en el sistema de capas (5) a través de radiación del sistema de capas (5) con luz.
- 6.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que el intervalo de intensidad se calcula sobre la base de una desviación estándar del valor medio/mediana de la distribución de la intensidad.
- 7.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que se normaliza el índice, por que se divide por un índice general, que resulta a partir de la suma de productos, dados, respectivamente, a través del número de puntos de la imagen con el mismo valor de la intensidad multiplicado por el valor de la intensidad, para todas las intensidades de la distribución de la intensidad.
- 8.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizado por que como valor de cálculo para la comparación con el índice de referencia se calcula un cociente entre el índice y el índice general.
- 9.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizado por que como valor de cálculo para la comparación con el índice de referencia se calcula la diferencia entre el índice y el índice general.
- 10.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado por que para una pluralidad de secciones diferentes entre sí de la superficie del sistema de capas se calcula en cada caso un índice.
- 11.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 10, caracterizado por que las secciones contienen, respectivamente, al menos una línea de estructuración para la estructuración del sistema de capas.
- 12.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 10, caracterizado por que se forman secciones separadas, siendo realizada la separación en secciones con líneas de estructuración y secciones con puras porciones de células.
- 13.- Utilización del procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 12 para el análisis de evaluación de módulos solares, en particular módulos solares de capa fina (5), cuya capa de semiconductores está constituida por un compuesto de calcopirita, en particular $\text{Cu}(\text{InGa})(\text{S,Se})_2$.

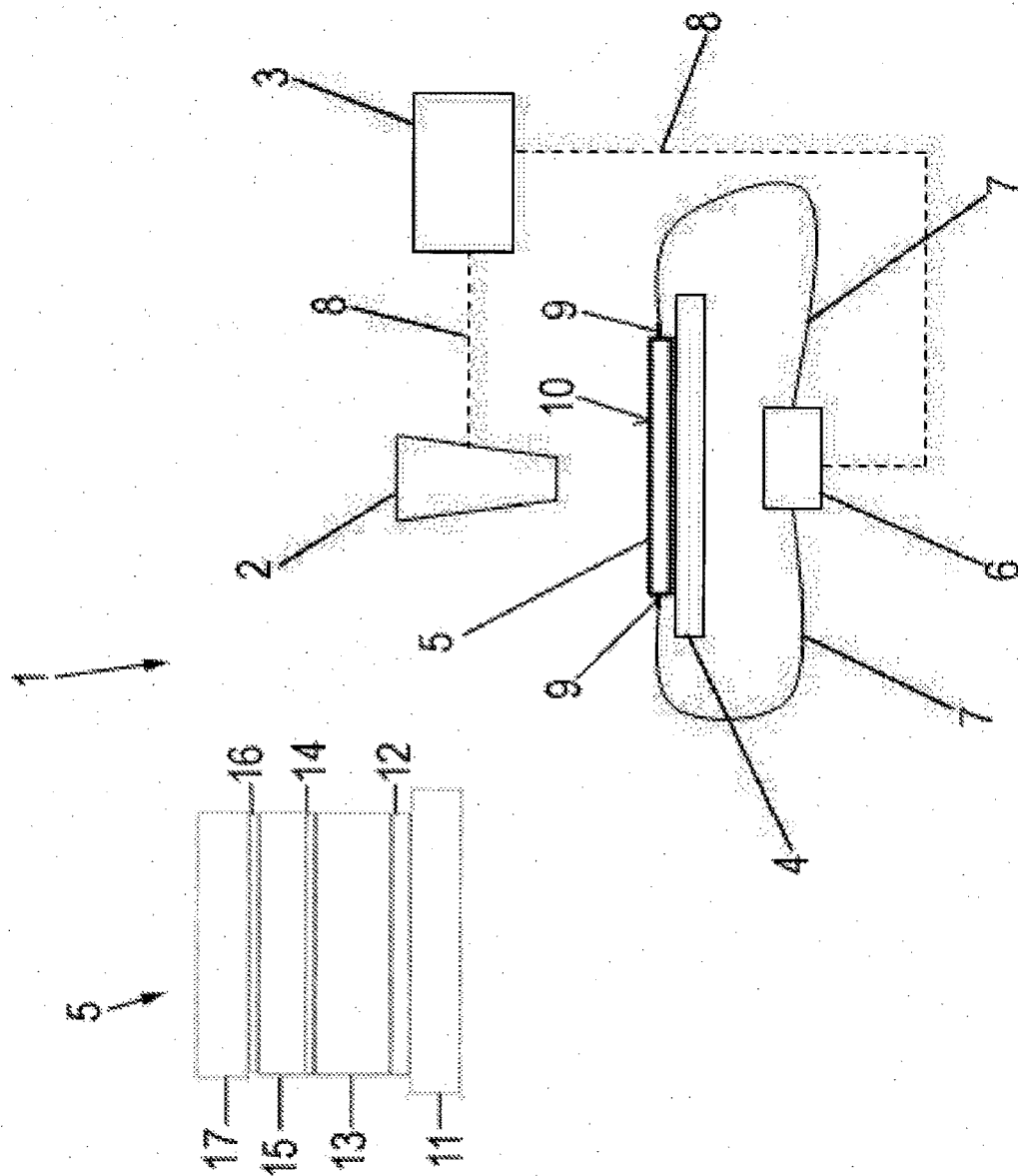


FIG. 1

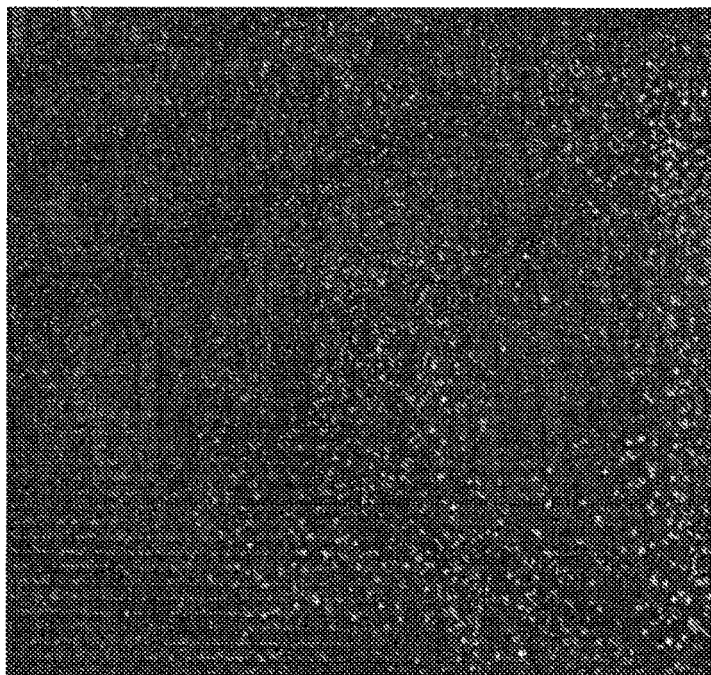


FIG. 2B



FIG. 2A

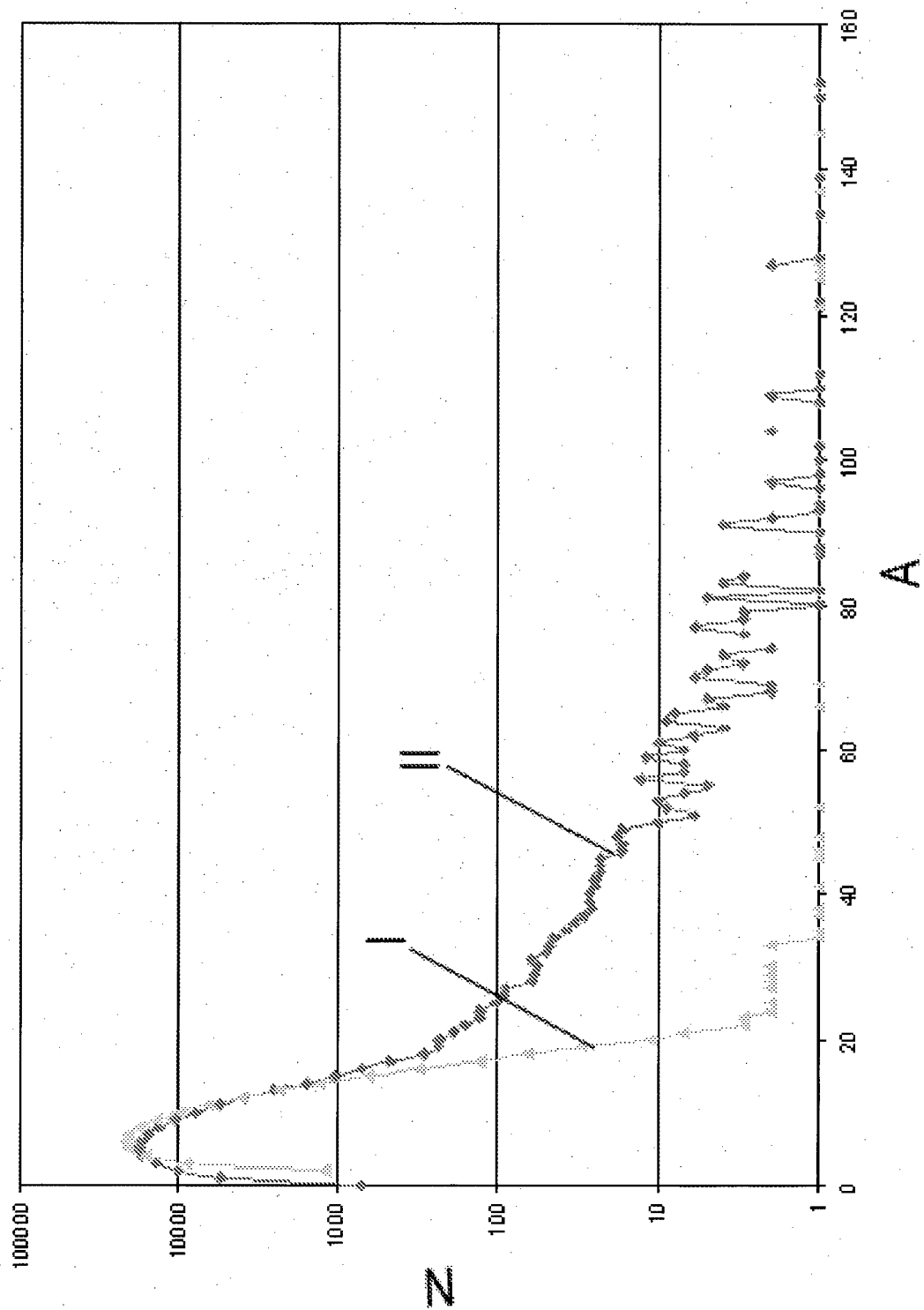


FIG. 3