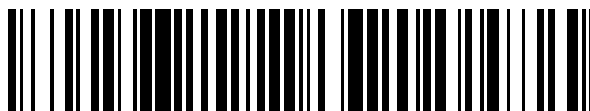


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 753 632**

51 Int. Cl.:

H01L 31/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.06.2012 PCT/EP2012/062323**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.01.2013 WO13000894**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.06.2012 E 12745645 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.08.2019 EP 2727155**

54 Título: **Método para la estabilización rápida de la potencia nominal de un módulo solar de capa fina**

30 Prioridad:

28.06.2011 EP 11171706

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

13.04.2020

73 Titular/es:

**(CNBM) BENGBU DESIGN & RESEARCH
INSTITUTE FOR GLASS INDUSTRY CO., LTD.
(100.0%)
No. 1047 Tushan Road
Bengbu, CN**

72 Inventor/es:

**AVELLAN, ALEJANDRO y
GRÜNERBEL, MANFRED**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 753 632 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

Método para la estabilización rápida de la potencia nominal de un módulo solar de capa fina

5 La invención se sitúa en el campo técnico de la generación fotovoltaica de energía, y se refiere a un método para la estabilización rápida de la potencia nominal, o bien del rendimiento de un módulo solar de capa fina.

Sistemas fotovoltaicos de capas para la transformación directa de la luz solar en energía eléctrica son suficientemente conocidos. Sistemas de capas expandidos superficialmente se denominan usualmente como "células solares". El concepto especial de „células solares de capa fina“ describe los sistemas fotovoltaicos de capas con espesores de solamente pocos micrómetros. Las células solares de capa fina necesitan substratos portadores para la puesta a disposición de una resistencia mecánica suficiente. Los substratos portadores conocidos contienen vidrio inorgánico, materiales sintéticos (polímeros) o metales, especialmente aleaciones de metal, y pueden estar configurados como placas rígidas o láminas flexibles, en dependencia del respectivo espesor de la capa, y de las propiedades específicas del material. Debido a la gran variedad de substratos portadores disponibles, y a una integración monolítica sencilla, pueden fabricarse de forma económica las disposiciones de gran superficie de células solares de capa fina, siendo aplicadas normalmente directamente sobre el substrato portador, por ejemplo vidrio. Con respecto a la maniobrabilidad tecnológica y al rendimiento, se han demostrado como ventajosas las células solares de capa fina, con una capa semiconductor de silicio amorfo, micromorfo o policristalino, de telurio de cadmio (CdTe), de arseniuro de galio (GaAs), o bien una combinación de calcopirita, especialmente de cobre-indio/galio-azufre/selenio (C(In,Ga) (S, Se)₂), distinguiéndose especialmente la de cobre-indio-diseleniuro (CuInSe₂, o bien CIS), a través de un elevado coeficiente de absorción, debido a su intervalo de energía entre bandas adaptado al espectro de la luz solar.

25 A fin de recibir una tensión de salida utilizable técnicamente, se conectan normalmente muchas células solares en serie, uniéndose las células solares ("laminado"), aplicadas especialmente sobre un substrato, normalmente con una capa transparente de recubrimiento en la parte delantera, especialmente una placa de recubrimiento, y con al menos una película adhesiva que favorece la adhesión, hasta un módulo fotovoltaico, o bien un módulo solar estable resistente a la intemperie. Para el material de la capa de recubrimiento se elige, a título de ejemplo, vidrio de sosa y cal pobre en hierro. La película adhesiva que favorece la adhesión está compuesta, a título de ejemplo, de etilenvinilacetato (EVA), polivinilbutiral (PVB), polietileno (PE), copolímero de polietilenacril, o bien poliacrilamida (PA). El EVA se caracteriza, como un material de goma elástica reticulable, a través de una procesabilidad especialmente buena, y por ello se usa a menudo. En los módulos solares de capa fina con estructura de panel laminado se utilizó en los últimos años PVB de forma creciente. El PVB pertenece a los termoplásticos que funden bajo la acción del calor, sin reticularse en ello y sin modificarse en la composición química.

Ahora bien, en la fabricación de módulos solares pueden aparecer defectos de diversos tipos, los cuales ocasionan, de forma perjudicial, pérdidas internas de potencia eléctrica, y con ello disminuyen la potencia nominal, o bien el rendimiento de los módulos solares. Ejemplos de ello son los cortocircuitos (shunts), que conducen a una tasa de recombinación de los portadores de carga incrementada localmente, a defectos mecánicos, como grietas, roturas y deslaminaciones, o bien a variaciones de la calidad del material.

45 En algunos módulos solares puede aparecer, de forma especialmente perjudicial, una disminución de la potencia nominal, al menos reversible en gran medida (transitoria), a través del método de laminación. Sin estar limitados a una teoría, se supone que a través de la acción de calor, de la presión y de la humedad en el laminado, se generan defectos en la capa semiconductor, los cuales se recuperan nuevamente, al menos parcialmente, con el transcurso del tiempo, y sin embargo normalmente en una parte considerable. Como han mostrado los experimentos, los módulos solares de capa fina con base de semiconductores de calcopirita tienen, tras el laminado, una potencia nominal disminuida temporalmente, la cual es aproximadamente del 5-20% menor que la potencia nominal de las células solares antes del laminado.

Esto significa probablemente para el fabricante un inconveniente financiero, ya que los módulos solares se rebajan a un precio que equivale a un rendimiento supuestamente inferior. Si la potencia nominal de un módulo solar, proporcionada por el fabricante, es considerablemente menor que la potencia nominal real que aparece tras la recuperación, esto puede conducir en su caso a un diseño subóptimo del sistema eléctrico de una instalación solar.

60 Frente a eso, el objetivo de la presente invención consiste en poner a disposición un método válido para la fabricación en serie de módulos solares de capa fina, a partir de una unión de calcopirita para la rápida estabilización de la potencia nominal, a través del cual una disminución (temporal) de la potencia nominal de los módulos solares de capa fina, ocasionada por el laminado, pueda ser eliminada ya en la fábrica, al menos en su mayor parte, en el marco de los ciclos usuales de producción. Este y otros objetivos se alcanzan, según la propuesta de la invención, a través de un método con las características de la reivindicación independiente de patente. Las configuraciones ventajosas de la invención se indican mediante las características de las reivindicaciones subordinadas.

65 El documento WO2009133163 publica un tratamiento de remojo ligero de un módulo solar CIS de capa fina tras el proceso de laminado.

Según la invención, se muestra un método para la estabilización rápida de la potencia nominal, o bien del rendimiento de un módulo solar de capa fina.

5 El módulo solar de capa fina comprende una unión laminada de dos substratos, unidos entre sí mediante al menos una capa adhesiva (material sintético), entre los cuales se encuentran células solares (de capa fina) conectadas en serie. Cada célula solar comprende al menos una capa semiconductor que configuran una transición hetero, o bien pn, es decir, una sucesión de zonas con distintos tipos de conductividad. La unión laminada contiene, de forma típica, al menos un substrato (trasero) de soporte, por ejemplo un portador de vidrio, sobre el que están colocadas las células solares, estando situadas normalmente a este efecto sobre el substrato de soporte una primera capa de electrodos, una segunda capa de electrodos, y al menos una capa semiconductor dispuesta entre ambas. Usualmente, la capa semiconductor está dopada con un material dopante. Según la invención, la capa semiconductor está compuesta por un compuesto de calcopiritas, pudiendo tratarse especialmente de un semiconductor I-III-VI del grupo del cobre-indio/galio-disulfurato/diseleniuro ($\text{Cu}(\text{In}/\text{Ga})(\text{S}/\text{Se})_2$), por ejemplo diseleniuro de cobre/indio (CuInSe_2 o bien CIS), o compuestos relacionados. De forma típica, en la unión laminada el substrato de soporte está pegado con las células solares colocadas, mediante una capa adherente, con una capa de recubrimiento (delantera) lo más transparente posible a la luz solar, por ejemplo una placa de vidrio, estando embutidas las células solares en la capa adhesiva.

20 La potencia nominal del módulo solar de capa fina puede ser determinada, de forma de por sí conocida, bajo la presencia de las llamadas condiciones estándar (STC = Standard Test Conditions) de la fotovoltaica (norma IEC 904-3). En la utilización de la STC se irradia verticalmente con una intensidad de iluminación de 1 kW/m^2 y un espectro definido de la luz solar, con una temperatura modular de 25°C . Una intensidad de iluminación de 1 kW/m^2 puede alcanzarse especialmente también mediante luz solar (sobre todo en los países meridionales).

25 En el método según la invención se iluminan la unión laminada, o bien las células solares conectadas del módulo solar de capa fina, con luz artificial de al menos una fuente de luz. En ello, la intensidad de luz está elegida de tal forma que la unión se ilumina con una intensidad de iluminación de al menos 5 kW/m^2 (kilovatios por metro cuadrado).

30 Como intensidad de iluminación se entiende, en el sentido de la presente invención, la potencia de la radiación electromagnética que incide sobre la superficie de la unión. Como se utiliza aquí, el concepto de „estabilización“ se refiere a un aumento, o bien a una elevación de la potencia nominal (rendimiento), disminuida temporalmente (transitoriamente), del módulo solar laminado de capa fina, mediante la curación de los defectos causados en la capa semiconductor en el laminado.

35 Como han mostrado pruebas de la solicitante, a través de la iluminación de las células solares con una intensidad de iluminación muy elevada, de al menos 5 kW/m^2 , puede conseguirse de forma ventajosa una curación rápida de los defectos de las células solares, generados a través del laminado. Realmente, puede producirse ya una estabilización considerable de la potencia nominal del módulo solar de capa fina a través de la iluminación durante un espacio de tiempo de pocos minutos, a título de ejemplo en el rango de minutos de un solo dígito, o menos. El incremento de la potencia nominal disminuida transitoriamente, alcanzado a través de ello, no es peor, de forma sorprendente, o al menos no es considerablemente peor que el incremento de la potencia nominal que se alcanza, por ejemplo, a través de un envejecimiento por luz en un espacio de tiempo de 48 horas, bajo las condiciones estándar (STC) de la prueba. Según la invención, un efecto correspondiente puede alcanzarse en un tiempo considerablemente menor.

40 Como pudo demostrar la solicitante, para un incremento de la potencia nominal disminuida transitoriamente no es decisivo el intervalo de tiempo de la iluminación, sino más bien la intensidad de iluminación empleada en ello. Si se considera una producción constante de intensidad de iluminación y de tiempo de iluminación, se ha visto, de forma inesperada, que puede ser alcanzado un mejor efecto con una intensidad de iluminación multiplicada, y un tiempo correspondientemente reducido de iluminación. No obstante, aparece también una saturación de ese efecto con una intensidad creciente de iluminación. Especialmente en módulos solares de capa fina, con células solares con un compuesto de calcopiritas como base, puede observarse a partir de una intensidad de iluminación de aproximadamente 5 kW/m^2 una saturación en cuanto a un nuevo incremento de la potencia nominal. Puede tener sentido cuando la unión laminada es iluminada con una intensidad de iluminación de un máximo de 15 kW/m^2 , apareciendo, como ya se ha mencionado, una saturación del incremento de la potencia nominal ya desde los aproximadamente 5 kW/m^2 .

45 A través de la posibilidad de alcanzar un incremento de la potencia nominal disminuida transitoriamente del módulo solar de capa fina, al ser iluminadas las células solares con una intensidad de iluminación de al menos 5 kW/m^2 por un espacio de tiempo relativamente corto, a título de ejemplo de unos minutos o menos, el método según la invención posibilita también con ello, en primer lugar, una estabilización de la potencia nominal en la producción en serie de módulos solares de capa fina, en la cual son usuales los tiempos de ciclo en el rango de minutos de un solo dígito. Con ello, los módulos solares de capa fina pueden ser sometidos ya a una curación en fábrica, y ser especificados con una potencia más elevada, de forma que los módulos solares de capa fina son más valiosos. Además de ello, el sistema eléctrico de las instalaciones solares puede ser ajustado mejor y más precisamente.

En el sentido de la presente invención, los datos de tiempo para la irradiación del módulo solar de capa fina se refieren respectivamente a un espacio de tiempo durante el que el módulo solar de capa fina se ilumina en toda su superficie (en una irradiación en toda la superficie), o bien durante el que en el módulo solar de capa fina (en una irradiación por secciones) se ilumina sección por sección (es decir, localmente), una sección, o bien una parte del módulo solar de capa fina. En la irradiación sección por sección se ilumina también el módulo solar de capa fina en toda la superficie, siendo iluminadas las distintas secciones del módulo solar de forma retardada en el tiempo, por ejemplo al desplazarse la fuente de luz y el módulo solar de capa fina relativamente entre sí, de forma que un haz de luz, con forma especialmente lineal, roza sobre el módulo solar de capa fina, e ilumina en ello las secciones respectivas del módulo solar de capa fina.

Para una curación de las células solares suficiente en la práctica, es decir, a fin de alcanzar el efecto deseado de una estabilización considerable de la potencia nominal, puede ser ventajoso, según el tipo del módulo solar de capa fina y de la intensidad de irradiación de la luz artificial utilizada, cuando la unión laminada, o bien al menos una sección de la unión laminada, se ilumina en un espacio de tiempo de un máximo de 10 min (minutos), un máximo de 4 min, un máximo de 2 min, un máximo de 1 min, o bien un máximo de 30 s (segundos). En el sentido de las realizaciones anteriores, en una irradiación de toda la superficie del módulo solar de capa fina (son iluminadas todas las células solares), éstas informaciones se refieren a todo el espacio de tiempo de irradiación del módulo solar de capa fina, o bien alternativamente, en el caso de una irradiación del módulo solar de capa fina sección por sección (se ilumina respectivamente solo una parte de las células solares, o bien no todas las células solares al mismo tiempo) al espacio de tiempo en el cual es irradiada localmente una sección respectiva del módulo solar de capa fina.

En todo caso se puede alcanzar un incremento satisfactorio de la potencia nominal disminuida transitoriamente de los módulos solares de capa fina, al menos mediante la iluminación en cuestión de pocos minutos, a diferencia de la curación natural mediante luz solar, la cual necesita una iluminación de unas 48 h, con una intensidad de iluminación de 1 kW/m^2 , a fin de alcanzar un efecto correspondiente. Ha de señalarse asimismo que, al menos en Europa del Norte, se alcanza muy raramente una intensidad de iluminación de 1 kW/m^2 mediante radiación solar. Especialmente en los módulos solares de capa fina, con células solares de capa fina con una capa semiconductor basadas en una combinación de calcopiritas, a partir de un tiempo de irradiación de unos 2 min, aparece una saturación en relación con otro incremento de la potencia nominal, de forma que puede ser una ventaja limitar una iluminación de los módulos de ese tipo a un intervalo de tiempo de iluminación de 2 min.

En la fabricación de módulos solares de capa fina, puede tener lugar una iluminación según la invención, por ejemplo, inmediatamente después del proceso de laminado, pero también en un momento posterior, pero no obstante antes de la puesta en marcha de los módulos solares de capa fina.

En una configuración especialmente ventajosa del método según la invención, se ilumina la unión laminada, o bien las células solares por secciones (localmente), y especialmente en forma de líneas. En una realización técnicamente sencilla, la unión laminada y la fuente de luz se mueven a ese efecto translacionalmente de forma relativa entre sí, siendo desplazada especialmente la unión laminada por delante de una fuente estacionaria de luz. El haz de luz, especialmente con forma lineal, roza en ello sobre la superficie del módulo solar de capa fina, e irradia respectivamente las secciones locales del módulo solar de capa fina con una intensidad de iluminación de al menos 5 kW/m^2 . La anchura de la línea (dimensión perpendicularmente a su extensión) de un haz de luz con forma lineal, se sitúa por ejemplo en el rango de 1 a 10 cm. De forma ventajosa, en esas anchuras de línea la velocidad de dislocación del haz de luz sobre la superficie del módulo solar de capa fina (es decir, la velocidad de desplazamiento del módulo solar de capa fina relativamente a la fuente de luz) se sitúa en el rango de los 0,001 cm/seg a los 10 cm/seg, a fin de alcanzar los efectos deseados a través de una irradiación local del módulo solar de capa fina con una intensidad de iluminación de al menos 5 kW/m^2 , y de un rozamiento sobre la superficie completa del módulo solar de capa fina. La velocidad de desplazamiento no es independiente de la anchura de línea. Especialmente sirve la relación de que una mayor anchura de línea posibilita una velocidad de desplazamiento más rápida, y viceversa. A través de la configuración con forma de líneas para la irradiación del módulo solar de capa fina, puede realizarse un aumento de la potencia nominal del módulo solar de capa fina, pudiéndose reducir al mismo tiempo, de forma ventajosa, el consumo de energía de la fuente de luz a una fracción de la de la iluminación de la superficie completa. Además se simplifica fuertemente el aparataje para la iluminación del módulo solar de capa fina. Además se puede prescindir, de forma especialmente ventajosa, de una refrigeración activa del módulo solar de capa fina durante la irradiación, dado que en una iluminación de toda la superficie del módulo solar de capa fina, debe preverse en su caso un calentamiento desproporcionado de todo el módulo solar de capa fina, el cual podría conducir a un perjuicio, o incluso a un daño del módulo solar de capa fina. Por otra parte, a través de la irradiación sección por sección del módulo solar de capa fina, puede alcanzarse un calentamiento del todo deseable del módulo solar de capa fina, el cual contribuye, de forma ventajosa, a otra mejora de la potencia nominal.

En otra configuración especialmente ventajosa del método según la invención, en las células solares conectadas se aplica durante la irradiación una tensión eléctrica en sentido inverso y/o en sentido del flujo de corriente, a través de lo cual la potencia nominal, disminuida transitoriamente, puede ser elevada aún más, o bien ser estabilizada.

En general, la fuente de luz para la iluminación del módulo solar de capa fina puede estar configurada de tal forma que la misma irradie luz en un espectro de libre elección. De forma ventajosa, el espectro de la fuente de luz se corresponde, al menos aproximadamente, con el espectro de la luz solar (o bien está cerca del mismo), o a una parte del mismo, a través de lo cual puede alcanzarse un crecimiento especialmente efectivo de la potencia nominal, disminuida transitoriamente, del módulo solar de capa fina.

En otra configuración especialmente ventajosa del método según la invención, una unión laminada con estructura de panel compuesto se ilumina con células solares de capa fina conectadas en serie, disponiendo especialmente las células solares de capa fina de una capa semiconductor, la cual está formada por una unión de calcopiritas, especialmente $\text{Cu(In/Ga) (S/Se)}_2$.

Además, la invención se extiende a un método para la fabricación de un módulo solar de capa fina con una unión laminada de dos substratos unidos entre sí mediante al menos una capa adhesiva, entre los cuales se encuentran células solares conectadas en serie, el cual comprende los siguientes pasos:

- Preparación de la unión laminada;
- Estabilización de la potencia nominal del módulo solar de capa fina a través de un método como el arriba descrito, en el cual se irradian las células solares con luz artificial con una intensidad de iluminación de al menos 5 kW/m^2 .

Un método de ese tipo para la fabricación de un módulo solar puede comprender otras características del método descrito anteriormente para el incremento de la potencia nominal, disminuida transitoriamente, de un módulo solar de capa fina.

Además, la invención se extiende a la utilización de luz artificial para iluminar las células solares de una unión laminada, para el incremento de la potencia nominal, disminuida transitoriamente, de un módulo solar de capa fina, fabricado a partir de la unión laminada, disponiendo especialmente las células solares de capa fina de una capa semiconductor que está compuesta por una combinación de calcopiritas, especialmente $\text{Cu(In/Ga) (S/Se)}_2$, siendo irradiadas las células solares con luz de una intensidad de iluminación de al menos 5 kW/m^2 .

Breve descripción de los dibujos

La invención se describe ahora más detalladamente según ejemplos de ejecución, haciéndose referencia a las figuras adjuntas. Se muestran, en representación simplificada y no a escala:

- La Figura 1, una representación esquemática de un ejemplo de un módulo solar de capa fina;
- la Figura 2, una representación esquemática para la ilustración del proceso de laminado del módulo solar de capa fina de la figura 1;
- la Figura 3, una representación esquemática de un dispositivo de iluminación para la irradiación del módulo solar de capa fina de la figura 1;
- la Figura 4A-4B, un diagrama para la ilustración del efecto de curación con diferentes intensidades de luz (Figura 4A), así como en función del tiempo, con la intensidad de la luz sin modificar (Figura 4B).

Descripción detallada de los dibujos

En la figura 1 se ilustra un módulo solar de capa fina denominado en su conjunto con el signo de referencia 1. El módulo solar de capa fina 1 comprende una cantidad de células solares 11 conectadas en serie en forma integrada, estando representadas en la figura 1 solamente dos células solares 11 de capa fina, a efectos de una representación más sencilla. Se entiende que en el módulo solar de capa fina 1 están conectadas en serie una cantidad de células solares 11 de capa fina (por ejemplo unas 100).

El módulo solar de capa fina 1 presenta una estructura de paneles laminados, es decir, el mismo dispone de un primer substrato 2, aislado eléctricamente, con una disposición de capas 3 con capas finas aplicadas sobre el mismo, estando dispuesta la disposición de capas 3 sobre una superficie del primer substrato 2 del lado de entrada de la luz. El primer substrato 2 está configurado aquí, a título de ejemplo, como una placa rígida de vidrio con una transparencia relativamente reducida, pudiendo utilizarse de la misma manera otros materiales aislantes eléctricamente, con una dureza deseada y un comportamiento inerte respecto a los pasos realizados del proceso.

La disposición de capas 3 comprende una capa 5 de electrodos de retorno sobre la superficie del primer substrato 2 del lado de entrada de la luz, la cual está compuesta, a título de ejemplo, por un metal opaco como molibdeno (Mo), y que puede ser aplicada a través de metalización por evaporación, o bien a través de pulverización catódica apoyada por campo magnético (desalojo de átomos por bombardeo iónico), sobre el primer substrato 2. La capa 5 de electrodos de retorno tiene un espesor de capa de 300 nm hasta 600 nm, teniendo la cual aquí, a título de ejemplo, 500 nm.

Sobre la capa 5 de electrodos de retorno se ha separado, por ejemplo a través del desalojo de átomos por bombardeo iónico, una capa fotovoltaicamente activa de semiconductores, o bien una capa de absorción 6, la cual está compuesta de un semiconductor dotado con iones de metal, cuyo intervalo de energía entre bandas es

preferiblemente capaz de absorber una parte lo mayor posible de la luz solar. La capa de absorción 6 está compuesta, a título de ejemplo, por un semiconductor de calcopirita, de conductividad p, por ejemplo de una combinación del grupo Cu(In/Ga)(S/Se)_2 , especialmente Cu(In/Ga)(S/Se)_2 dotado con sodio (Na). La capa de absorción 6 tiene un espesor de capa que está situada, a título de ejemplo, en el rango de los 1-5 mm, y que asciende especialmente a unos 2 mm. Entre la capa 5 de electrodos de retorno y la capa de absorción 6 puede estar prevista una capa de barrera de, por ejemplo, nitruro de silicio, la cual actúa como barrera de difusión para los iones de metal, usados como dopantes, de la capa de absorción, lo cual no está representado más detalladamente en la figura 1. Una conversión de los distintos metales al material semiconductor tiene lugar a través de un calentamiento en un horno (RTP = Rapid Thermal Processing).

Sobre la capa de absorción 6 se ha separado una capa tampón 7, la cual está compuesta aquí, a título de ejemplo, de una sola capa de sulfuro de cadmio (CdS) y de una sola capa de óxido de zinc intrínseco, lo cual no está representado más detalladamente en la figura 1.

Sobre la capa tampón 7 se ha aplicado una capa 8 de electrodos frontales, por ejemplo mediante desalojo de átomos por bombardeo iónico. La capa 8 de electrodos frontales es transparente para la irradiación en la zona del espectro visible (electrodo de ventana), de forma que la luz solar incidente (ilustrada en la figura 1 a través de cuatro flechas paralelas) solamente se debilita levemente. La capa 8 de electrodos frontales se basa, por ejemplo, en un óxido metálico, por ejemplo óxido de zinc (ZnO) dotado con aluminio conductor n (Al). Una capa 8 de electrodos frontales de ese tipo se denomina generalmente como capa TCO (TCO = Transparent Conductive Oxide). El espesor de capa de la capa 8 de electrodos frontales asciende, por ejemplo, a unos 500 nm

A través de la capa 8 de electrodos frontales se configura, junto con la capa tampón 7 y la capa de absorción 6, una heteroconjuncción (es decir, una sucesión de capas con un tipo contrapuesto de conducción). En ello, la capa tampón 7 puede ocasionar una adaptación electrónica entre el material semiconductor de la capa de absorción 6 y el material de la capa 8 de electrodos frontales.

Las distintas capas la disposición de capas 3 sobre el primer sustrato 2 están estructuradas bajo la utilización de una tecnología adecuada de estructuración, como la escritura por láser, a través de lo cual resultan las células solares 11 de capa fina, integradas y conectadas en serie. Una estructuración de ese tipo comprende, de forma típica, tres pasos de estructuración (P1, P2, P3) por cada célula solar, en los que son estructuradas en primer lugar la capa 5 de electrodos de retorno (P1), a continuación la capa de absorción 6 (P2), y por último la capa 8 de electrodos frontales y la capa (6) de semiconductores (P3). Una estructuración de ese tipo es de por sí conocida por el especialista, de forma que aquí no hay que abordarla más detalladamente.

En el ejemplo representado aquí, tanto la conexión de tensión positiva (+) resultante, como también la conexión de tensión negativa (-) resultante del módulo solar de capa fina 1, están guiadas sobre la capa 5 de electrodos de retorno, y conectadas allí eléctricamente. A través de la irradiación de las células solares 11 de capa fina se genera una tensión eléctrica en las dos conexiones de tensión. Un flujo de corriente resultante está ilustrado en la figura 1 a través de las flechas seriales.

Para la protección de las influencias del medio ambiente se ha aplicado sobre la capa 8 de electrodos frontales una capa adhesiva 9 (de material sintético), la cual sirve para el encapsulamiento de la disposición de capas 3. Además, la disposición de capas 3 contiene, como capa de recubrimiento frontal, un segundo sustrato 10 transparente a la luz solar, el cual está configurado, a título de ejemplo, en forma de una placa de vidrio de un vidrio extra blanco con poco contenido de hierro, pudiendo ser utilizados de la misma forma otros materiales, aislantes eléctricamente, con la dureza deseada y un comportamiento inerte respecto a los pasos del proceso realizados. El segundo sustrato 10 sirve para el sellado y para la protección mecánica de la disposición de capas 3. Sobre una superficie frontal 4 del segundo sustrato 10 puede ser iluminado el módulo solar de capa fina, a fin de generar energía eléctrica.

Los dos sustratos 2, 10 están unidos (laminados) entre sí a través de la capa adhesiva 9, estando configurada aquí la capa adhesiva 9, por ejemplo, como una capa adhesiva termoplástica, la cual es deformada plásticamente mediante calentamiento, y al enfriarse une firmemente a los dos sustratos 2 y 10 entre sí. La capa adhesiva 9 está compuesta aquí, por ejemplo, de PVB. Los dos sustratos 2, 10, con las células solares 11 de capa fina embutidas en la capa adhesiva 9, conforman conjuntamente una unión laminada 12. El tamaño de la superficie frontal rectangular 4 del módulo solar de capa fina 1 es aquí, a título de ejemplo, de $1,6 \times 0,7 \text{ m}^2$.

En la fabricación del módulo solar de capa fina 1 tiene lugar un laminado, en el cual se pegan entre sí mediante la capa adhesiva 9 los dos sustratos 2, 10, con las células solares 11 de capa fina situadas entre ellos. En la fabricación en serie se utilizan usualmente para ello dos métodos diferentes de laminado, los cuales están ilustrados en la figura 2.

En los dos métodos de laminado se colocan uno encima del otro el primer sustrato 2, con las células solares 11 de capa fina aplicadas y estructuradas, el segundo sustrato 10, y una película que sirve como capa adhesiva 9. Entonces se introduce esa acumulación de capas en una laminadora de rodillos 13, en la cual se calienta a través de elementos de calentamiento 15, y se ejerce una presión a través de rodillos 16, de forma que la película de PVB se

funde, y tras el enfriamiento se produce la unión laminada 12. Además tiene lugar un tratamiento en una autoclave 17. Alternativamente, la acumulación de capas puede introducirse en un laminador 14 de vacío, en el cual se calienta asimismo a través de elementos de calentamiento, y se ejerce una presión mediante una membrana (no mostrada), a través de lo cual la película de PVB se funde, y se produce la unión laminada 12. A través del laminado pueden aparecer defectos reversibles (curables) en las células solares 11 de capa fina, los cuales disminuyen temporalmente la potencia nominal del módulo solar de capa fina 1.

A fin de alcanzar, en el marco de la producción en serie del módulo solar de capa fina 1, una curación rápida y eficiente del rendimiento, es decir, una curación de los defectos ocasionados a través del laminado en la capa semiconductora de las células solares 11 de capa fina, la unión laminada 12, o bien el módulo solar de capa fina 1, es sometido a una irradiación con luz artificial en una instalación especial 18 de iluminación. A continuación se habla de la iluminación del módulo solar de capa fina 1, entendiéndose que también puede ser iluminada de la misma forma la unión laminada 12, en la cual puede tratarse también de un producto intermedio en la fabricación del módulo solar de capa fina 1 (el cual no dispone todavía, a título de ejemplo, de ninguna conexión de tensión).

La instalación 18 de iluminación contiene al menos una fuente de luz artificial 19, por ejemplo una lámpara halógena, preferentemente una con un espectro aproximado al espectro de la luz solar, la cual genera un haz de luz 20 para la iluminación de las células solares 11 de capa fina. Mediante una instalación de sombreado, o bien de un diafragma 23, se genera un haz de luz 20 que se extiende sobre toda la dimensión (anchura o longitud) de la superficie rectangular frontal 4 del segundo sustrato 10, en forma de banda, o bien de línea. El haz de luz 20 presenta aquí, sobre la superficie 4 del segundo sustrato 20, una anchura, por ejemplo, de unos 1,5 cm, incidiendo el haz de luz 20 de forma al menos aproximadamente perpendicular sobre la superficie 4 del segundo sustrato 10. Die Como se indica en la introducción de la descripción, la anchura de la línea puede situarse por ejemplo, en general, en el rango de 1 a 10 cm.

El módulo solar de capa fina 1 se desplaza translacionalmente (unidireccionalmente) mediante rodillos accionados 11 sobre un armazón 22 por debajo de la fuente estacionaria de luz 19, rozando el haz fijo de luz 20 con forma lineal sobre la superficie 4 del segundo sustrato 10, e iluminando al módulo solar de capa fina 1 por secciones. La anchura del haz de luz 20 se mide aquí en la dirección del movimiento del módulo solar de capa fina 1. Como se ha mencionado anteriormente, el haz de luz 1 se prolonga perpendicularmente a la dirección del movimiento íntegramente sobre la dimensión del módulo solar de capa fina 1 paralela a los bordes, aquí, por ejemplo, sobre su anchura. En ello se desplaza el módulo solar de capa fina 1 de forma relativa respecto al haz de luz 20, de forma que el módulo solar de capa fina 1, o bien las células solares 11 de capa fina, son irradiadas con una intensidad de iluminación de al menos 5 kW/m². La fuente de luz 19 presenta una intensidad de luz correspondientemente elevada, y la distancia entre la fuente de luz 19 y el módulo solar de capa fina 19 está ajustada de la forma correspondiente. La velocidad de desplazamiento del módulo solar de capa fina 1 en relación con la fuente de luz 19 se sitúa, a título de ejemplo, en el rango de 0,001 cm/seg hasta 10 cm/seg, dependiendo generalmente la velocidad de desplazamiento de la anchura de líneas del haz de luz.

En la siguiente tabla 1 se muestra la disminución del rendimiento (potencia nominal) de un módulo solar de capa fina 1, tratado de diversas formas, con una capa semiconductora basada en una combinación de calcopiritas.

Tabla 1

		$\Delta\eta$ (%)
# 1	tras el laminado	-11,8
# 2	iluminación de línea 8 kW/m ² , 10 min	-2,4
# 3	iluminación de línea 5 kW/m ² , 10 min	-2,2
# 4	envejecimiento por luz 1 kW/m ² , 48 h	-0,6

En la tabla 1, $\Delta\eta$ (%) se refiere a la diferencia porcentual en el rendimiento del módulo solar de capa fina, referida a rendimiento de las células solares conectadas, antes del laminado.

#1 se refiere a una medición del rendimiento en un módulo solar de capa fina inmediatamente después del laminado (sin encapsular), sin haber sido sometido el módulo solar de capa fina ni a un tratamiento térmico ni a una iluminación especial con luz artificial. Según esto, a través del laminado aparece una disminución porcentual del rendimiento de alrededor de un -11,8%, de forma que la potencia nominal de un módulo solar de capa fina de ese tipo, franco fábrica, es menos que la potencia nominal real, la cual se ajusta en el transcurso del tiempo a través de la curación.

#2 se refiere a una medición del rendimiento en un módulo solar de capa fina tras el laminado, habiéndose realizado una irradiación, con un haz de luz con forma lineal como en la instalación 18 de iluminación, con una intensidad de iluminación de 8 kW/m², en un intervalo de tiempo de 10 min. Por lo tanto, a través de la iluminación se alcanza una recuperación considerable del rendimiento, ascendiendo la disminución porcentual del rendimiento tras la iluminación a solo un -2,6%.

#3 se refiere a una medición del rendimiento en un módulo solar de capa fina, tratado como en #2, pero con una intensidad de iluminación de 5 kW/m². También en este caso se alcanza una recuperación considerable del rendimiento, ascendiendo la disminución porcentual del rendimiento tras la iluminación a un -2,4%, y con ello

situándose en la misma magnitud que en #2.

#4 por último, #4 se refiere a una medición del rendimiento en un módulo solar de capa fina tras el laminado, habiéndose realizado un llamado „envejecimiento por luz” (Light Soaking) con una iluminación en toda la superficie, con una intensidad de iluminación de 1 kW/m^2 en un intervalo de tiempo de 48 horas. Por lo tanto, a través del envejecimiento por luz se alcanza también una recuperación del rendimiento, ascendiendo la disminución porcentual del rendimiento tras el envejecimiento por luz a un -0.6%. En la producción en serie con ciclos de reloj en el rango de minutos de un dígito, un envejecimiento por luz no puede realizarse, dado el largo tiempo de irradiación.

Con ello se aprecia que a través de la iluminación según la invención se puede alcanzar un incremento evidente del rendimiento, disminuido transitoriamente, a través de la irradiación según la invención del módulo solar de capa fina con un haz de luz con forma lineal de 5 kW/m^2 , o bien de 8 kW/m^2 , en un periodo de tiempo comparativamente corto de 10 min, rendimiento que no se diferencia sustancialmente del rendimiento tras un envejecimiento por luz durante 48 horas.

En la siguiente tabla 2 se muestran los resultados para otro módulo solar de capa fina, con una capa semiconductor basada en una combinación de calcopiritas (CIS).

Tabla 2

	$\Delta\eta$ (%)
# 1 tras el laminado	16,3
# 3 iluminación de línea 10 kW/m^2 , 1 min	-5,6
# 5 envejecimiento por luz 1 kW/m^2 , 48 h	-4,0

En la tabla 2, $\Delta\eta$ (%) se refiere de nuevo a la diferencia porcentual en el rendimiento del módulo solar de capa fina, referida a rendimiento de las células solares conectadas, antes del laminado.

#1 se refiere a una medición del rendimiento inmediatamente después del laminado (sin encapsular), sin tratamiento térmico ni iluminación especial con luz artificial. Para ese módulo solar de capa fina aparece una disminución porcentual del rendimiento de alrededor de un -16,3%.

#2 se refiere a una medición del rendimiento en un módulo solar de capa fina tras el laminado, habiéndose realizado una irradiación, con un haz de luz con forma lineal con una intensidad de iluminación de 10 kW/m^2 , en un intervalo de tiempo de 1 min. Por lo tanto, a través de la iluminación se alcanza una recuperación considerable del rendimiento, ascendiendo la disminución porcentual del rendimiento tras la iluminación solamente a un -5,6%.

#3 se refiere a una medición del rendimiento en un módulo solar de capa fina tras el laminado, habiéndose realizado un envejecimiento por luz con una iluminación en toda la superficie, con una intensidad de iluminación de 1 kW/m^2 en un intervalo de tiempo de 48 horas, ascendiendo la disminución porcentual del rendimiento tras el envejecimiento por luz a un -4,0%.

Como se desprende de los datos de la tabla 2 se puede alcanzar, a través de la irradiación con una elevada intensidad de luz, una disminución de la pérdida de potencia (es decir, un aumento de la potencia nominal) de alrededor del 10,7%, pudiéndose alcanzar, en comparación con esto, solamente un pequeño aumento adicional de alrededor del 1,6% a través del envejecimiento por luz. Con ello, la pérdida de potencia generada a través del laminado puede ser reducida considerablemente. Se puede observar también que el ahorro de tiempo en comparación con el envejecimiento por luz durante 48 horas corresponde a un factor de 2880, a pesar de que la intensidad de iluminación se incrementó solamente en un factor 10, y el consumo de energía era unas 20 veces menor, como muestra el siguiente ejemplo de cálculo.

En la utilización de lámparas halógenas se necesita una potencia de conexión eléctrica, por ejemplo, de unos 40,5 Kw, en un módulo solar de capa fina con un tamaño de $1,6 \times 0,7 \text{ m}^2$ (longitud x anchura), para una iluminación en toda la superficie con una intensidad de iluminación de 1 kW/m^2 . Si estuviese prevista una iluminación en toda la superficie con 10 kW/m^2 , entonces se incrementaría la potencia de conexión eléctrica de forma típica hasta un valor de 5 a 10 veces mayor, que tendría por tanto unos 202,5 hasta 405 Kw, lo cual está unido en la práctica con costes considerables. Por otra parte, la potencia de conexión eléctrica en una iluminación en toda la superficie, con una iluminación con forma lineal del módulo solar de capa fina, con una anchura de 0,7 m y una intensidad de iluminación de 10 kW/m^2 , se eleva a unos 2,1 Kw. Con ello, el ahorro de energía a través de la iluminación con forma lineal se sitúa en unas 20 veces más en comparación con una iluminación en toda la superficie, con 1 kW/m^2 , y en unas 100 hasta 200 veces más en comparación con una iluminación en toda la superficie, con 10 kW/m^2 .

Con ello, a través de la iluminación con forma lineal del módulo solar de capa fina se puede ahorrar una gran cantidad de energía, especialmente dado que una iluminación en toda la superficie necesitaría por regla general una refrigeración activa del módulo solar de capa fina.

En la figura 4A se muestra un diagrama para la ilustración del efecto de curación con diferentes intensidades de luz, o bien diferentes intensidades de iluminación de B (W/m^2). En ello se iluminó un módulo solar de capa fina en un intervalo de tiempo de 30 seg con un haz de luz con forma lineal, siendo desplazado el módulo solar de capa fina

relativamente respecto al haz de luz. Se indica el importe de la diferencia porcentual $\Delta\eta$ (%), en el rendimiento del módulo solar de capa fina, referido al rendimiento de las células solares conectadas antes del laminado, para distintas intensidades de iluminación. Se observa que se incrementa al principio fuertemente la modificación porcentual del rendimiento, hasta que a unos 5 kW/m² aparece una saturación.

5 En la figura 4B se muestra un diagrama para la ilustración del efecto de curación con diferentes tiempos de iluminación T(seg). En ello se iluminó un módulo solar de capa fina, con una capa semiconductor basada en una combinación de calcopiritas, con un haz de luz con forma lineal una intensidad de iluminación de 8 kW/m², siendo desplazado el módulo solar de capa fina relativamente respecto al haz de luz. Se indica el importe de la diferencia porcentual $\Delta\eta$ (%), en el rendimiento del módulo solar de capa fina, referido al rendimiento de las células solares conectadas antes del laminado, para distintas duraciones de iluminación. Se observa que al cabo de poco tiempo se alcanza un desplazamiento grande, el cual se aplana después de forma aproximadamente logarítmica. En unos 2 min de duración de la iluminación aparece una saturación.

15 La presente invención pone a disposición un método para la estabilización de la potencia nominal de un módulo solar de capa fina, el cual puede ser utilizado en la producción industrial en serie de módulos solares de capa fina, con tiempos de ciclo en el rango de minutos de un dígito, para la curación, al menos en gran parte, de los defectos generados a través del laminado.

- 20 Lista de signos de referencia
- 1 módulo solar de capa fina
 - 2 primer substrato
 - 3 disposición de capas
 - 4 superficie
 - 25 5 capa 5 de electrodos de retorno
 - 6 capa semiconductor
 - 7 capa tampón
 - 8 capa de electrodos frontales
 - 9 capa adhesiva
 - 30 10 segundo substrato
 - 11 célula solar de capa fina
 - 12 unión
 - 13 laminador se rodillos
 - 14 laminador de vacío
 - 35 15 elemento de calefacción
 - 16 rodillo
 - 17 autoclave
 - 18 instalación de iluminación
 - 19 fuente de luz
 - 40 20 haz de luz
 - 21 cilindro
 - 22 armazón
 - 23 diafragma

REIVINDICACIONES

- 5 1. Método para la estabilización de la potencia nominal de un módulo solar de capa fina (1), con una unión laminada (12) de al menos dos substratos (2, 10), unidos entre sí a través de al menos una capa adhesiva (9), entre los cuales se encuentran células solares (11) conectadas en serie, presentando la unión laminada (12) una estructura de panel compuesto con células solares de capa fina conectadas en serie, disponiendo las células solares de capa fina de una capa semiconductor que está formada por una combinación de calcopiritas, especialmente Cu(In/Ga)(S/Se)_2 , en la cual las células solares (11) son iluminadas con luz artificial, con una intensidad de iluminación de al menos 5 kW/m^2 .
- 10 2. Método según la reivindicación 1, en el cual al menos una sección de la unión laminada (12) es irradiado durante un intervalo de tiempo de iluminación de un máximo de 10 min, un máximo de 4 min, un máximo de 2 min, un máximo de 1 min, o bien un máximo de 30 seg.
- 15 3. Método según la reivindicación 1 o 2, en el cual la unión laminada (12) es iluminada con una intensidad de iluminación de un máximo de 15 kW/m^2 .
- 20 4. Método según la reivindicación 1 a 3, en el cual la unión laminada (12) es iluminada por secciones, especialmente con forma lineal.
5. Método según la reivindicación 4, en el cual la unión laminada (12) y una fuente de luz artificial (19) para la generación de la luz artificial para la iluminación por secciones, son desplazadas transitoriamente de forma relativa entre sí.
- 25 6. Método según la reivindicación 5, en el cual la unión laminada (12) es desplazada por delante de una fuente de luz estacionaria (19).
7. Método según la reivindicación 1 a 6, en el cual las células solares (11) conectadas se someten a una tensión eléctrica durante la iluminación, en la dirección del flujo de corriente o en la dirección de bloqueo.
- 30 8. Método según la reivindicación 1 a 7, en el cual el espectro de la luz artificial se corresponde al menos aproximadamente con al menos una parte del espectro de la luz solar.
- 35 9. Método para la fabricación de un módulo solar de capa fina (1), con una unión laminada (12) de dos substratos (2, 10) unidos entre sí a través de al menos una capa adhesiva (9), entre los cuales se encuentran células solares (11) conectadas en serie, presentando la unión laminada (12) una estructura de panel compuesto con células solares de capa fina conectadas en serie, disponiendo las células solares de una capa semiconductor de una combinación de calcopiritas, especialmente Cu(In/Ga)(S/Se)_2 , el cual comprende los pasos siguientes:
- 40 - Preparación de la unión laminada;
 - Estabilización de la potencia nominal del módulo solar de capa fina a través de un método según las reivindicaciones 1 a 8.
- 45 10. Utilización de luz artificial para irradiar las células solares (11) de una unión laminada (12) de un módulo solar de capa fina (1), para la estabilización de la potencia nominal del módulo solar de capa fina, disponiendo las células solares de una capa semiconductor de una combinación de calcopiritas, especialmente Cu(In/Ga)(S/Se)_2 , siendo iluminadas las células solares con luz de una intensidad de iluminación de al menos 15 kW/m^2 .

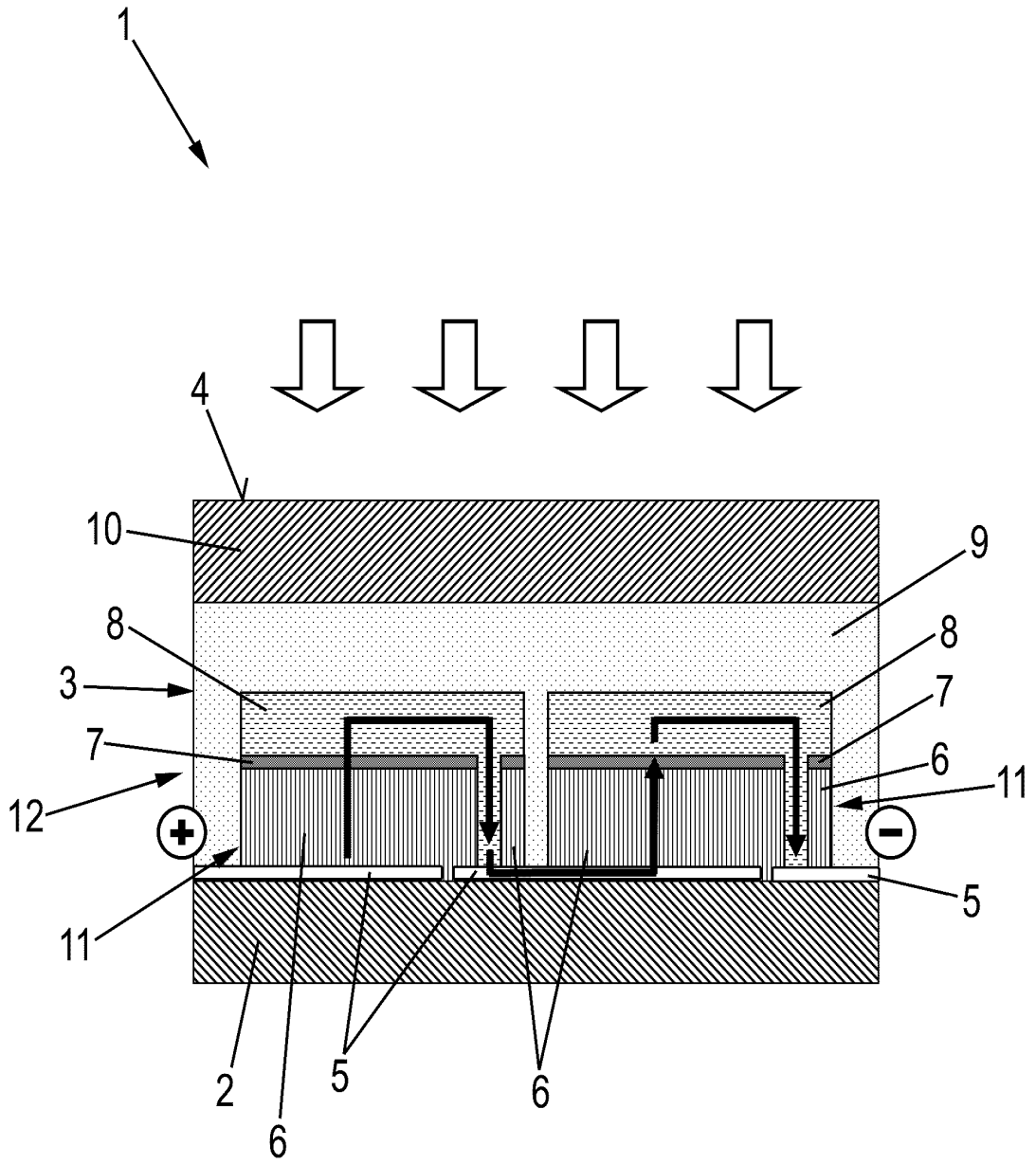


FIG. 1

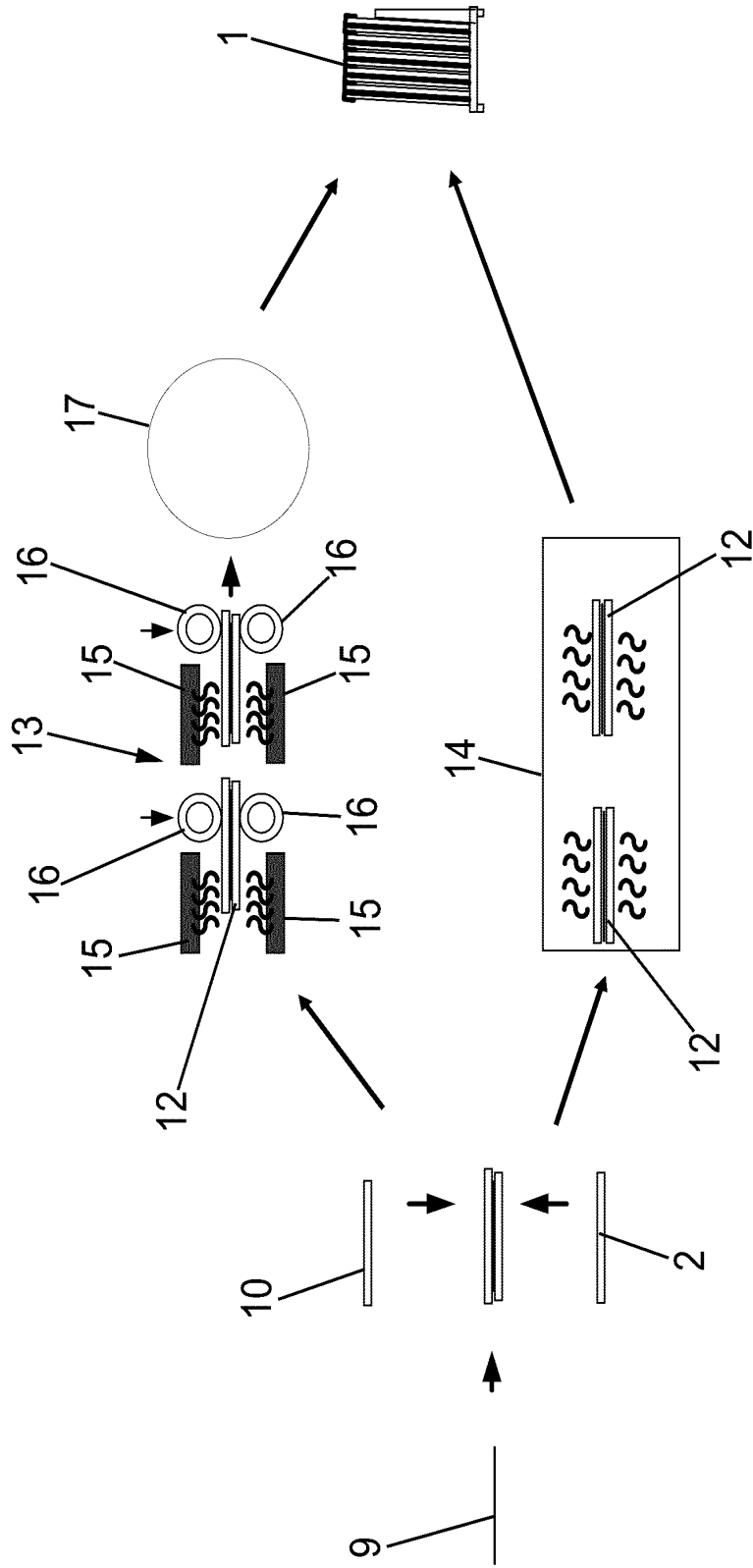


FIG. 2

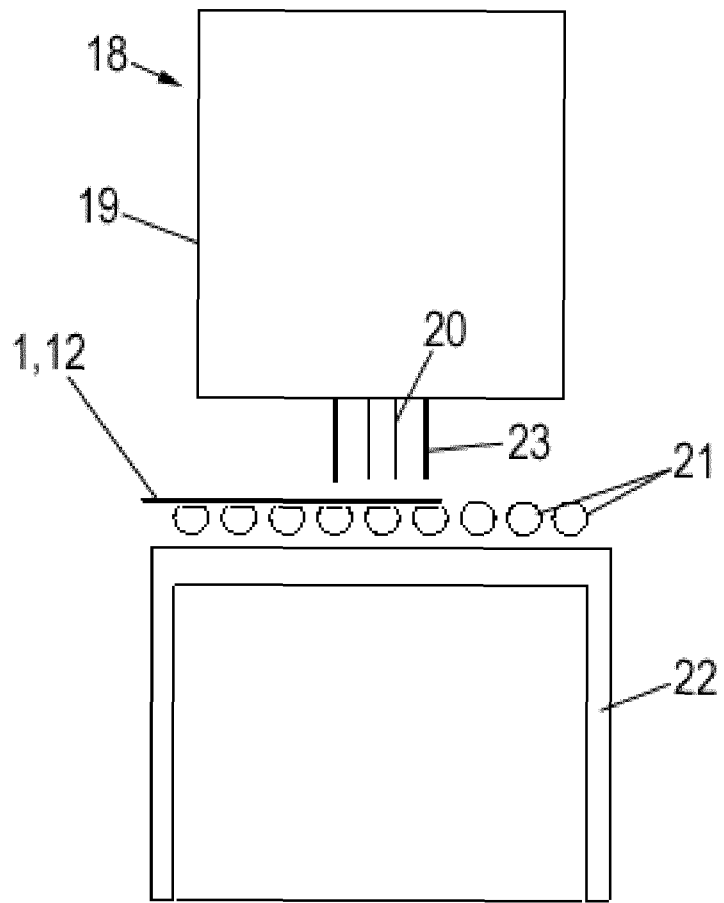


FIG. 3

FIG. 4A

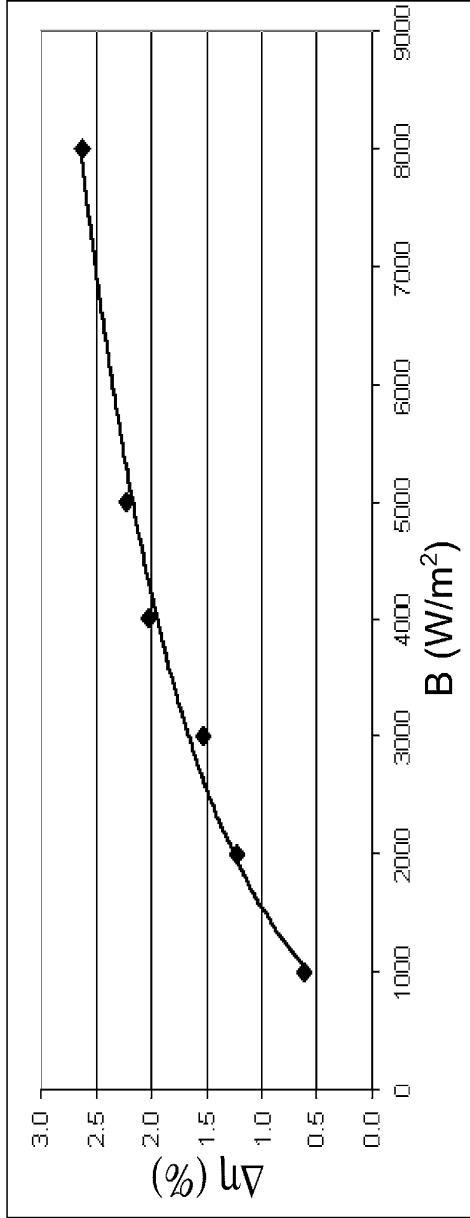


FIG. 4B

