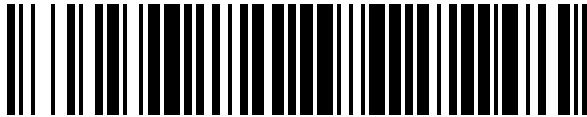


(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **1 323 865**

(21) Número de solicitud: 202531229

(51) Int. Cl.:

H02S 50/15 (2014.01)

G01R 31/27 (2006.01)

(12)

SOLICITUD DE MODELO DE UTILIDAD

U

(22) Fecha de presentación:

26.09.2023

(43) Fecha de publicación de la solicitud:

03.11.2025

(71) Solicitantes:

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (100.00%)
Pza. Santa Cruz, 8
47002 Valladolid (Valladolid) ES

(72) Inventor/es:

CONDE PÉREZ, Mariano;
TERRADOS LÓPEZ, Cristian;
GONZÁLEZ REBOLLO, Miguel Ángel;
MARTÍNEZ SACRISTÁN, Oscar y
VAN BELOIS, Bouke

(74) Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

(54) Título: **SISTEMA DE INSPECCIÓN DE MÓDULOS FOTOVOLTÁICOS EN FUNCIONAMIENTO**

ES 1 323 865 U

DESCRIPCIÓN**SISTEMA DE INSPECCIÓN DE MÓDULOS FOTOVOLTÁICOS EN FUNCIONAMIENTO****5 SECTOR DE LA TÉCNICA**

La presente invención pertenece al campo técnico de las instalaciones solares fotovoltaicas.

Más en particular, dicha invención tiene por objeto un sistema de inspección de módulos fotovoltaicos que presentan -entre otras- la ventaja de que es capaz de detectar la existencia de posibles defectos en las células solares de un módulo fotovoltaico, sin que para ello sea necesario desconectarlos previamente.

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

Las células solares son los principales elementos de los módulos fotovoltaicos. A grandes rasgos, cada una de dichas células solares está formada por una placa de un material fotoeléctrico, normalmente silicio. Al irradiarse con la suficiente luz solar se genera, una corriente eléctrica.

Los módulos fotovoltaicos por su parte comprenden una agrupación de células solares conectadas en serie entre sí. Además, habitualmente incluyen tres diodos de derivación (en inglés, bypass) o de protección de las distintas placas solares, cada diodo está asociado a dos columnas consecutivas de células de las seis que componen la mayoría de los paneles solares. Su función principal es proporcionar un camino alternativo para la corriente eléctrica cuando una parte del panel está sombreada o presenta una baja eficiencia debido a factores como suciedad, daños o desgaste.

En términos de funcionamiento, los diodos de bypass se activan automáticamente cuando la tensión en una sección del panel cae por debajo de un umbral determinado debido a sombreado o problemas en las celdas tales como grietas o contactos defectuosos. Al activarse, el diodo crea una ruta alternativa para que la corriente fluya sin pasar por las áreas de baja eficiencia. Esto asegura que la producción total de energía del panel se mantenga lo más alta posible, incluso en condiciones no ideales.

Para garantizar el rendimiento óptimo, la durabilidad y la seguridad de los paneles solares,

así como para cumplir con regulaciones y normativas, se realizan habitualmente inspecciones con diferentes técnicas que permitan detectar la presencia de defectos en los mismos.

Actualmente se emplean diversas técnicas diferentes para detectar la presencia de dichos defectos tales como: la electroluminiscencia (técnica basada en medir la luz emitida por las células solares, que han sido previamente excitadas con una corriente eléctrica) y la fotoluminiscencia (técnica basada en medir la luz emitida por las células solares, excitadas con una fuente luminosa externa). Además, existen otras técnicas basadas en la toma de medidas de otras magnitudes físicas diferentes, tales como la termografía (técnica basada en mediciones de temperatura) o la inspección mediante toma de medidas I-V (i.e., de intensidad y voltaje).

De entre todas las técnicas arriba indicadas, la electroluminiscencia se está empleando cada vez con más frecuencia. No obstante, esta técnica hace necesario el uso de una fuente de alimentación externa para poder polarizar los módulos, lo que obliga a desconectar previamente dichos módulos de la red eléctrica, impidiendo que generen energía mientras se realizan las mediciones. Estas mediciones se hacen habitualmente bien de noche o en un recinto cerrado para evitar la radiación solar que se superpone a la luminiscencia emitida por el panel. Además, el hecho de tener que conectar los módulos a la fuente externa y desconectarlos posteriormente, así como su eventual traslado al recinto oscuro, conlleva riesgos tanto para los operarios como para la propia instalación y retrasa la toma de medidas.

La fotoluminiscencia diurna también se utiliza experimentalmente para la detección de los defectos. Aunque no precisa de una fuente de alimentación ya que se utiliza la luz del sol para general la luminiscencia sigue siendo necesario filtrar la radiación externa existente. Para ello, los procedimientos actualmente conocidos requieren tomar mediciones de dicho módulo fotovoltaico en dos estados diferentes. Esto básicamente se puede conseguir de dos maneras diferentes: 1- Introduciendo un interruptor que aísle el panel fotovoltaico del resto del string que lleve a dos estados diferentes del panel, conectado y desconectado. Sin embargo, este procedimiento conlleva, una vez más, la necesidad de desconectar los módulos fotovoltaicos y volverlos a conectar posteriormente. 2- Mediante un LED que excite al menos una de las células del panel cambiando el punto de funcionamiento de la célula, lo que activa y desactiva el diodo de bypass alcanzándose los dos estados necesarios para filtrar la radiación solar.

En el estado de la técnica existe, por tanto, la necesidad de desarrollar nuevos sistemas de inspección de módulos fotovoltaicos que no presenten los inconvenientes anteriormente descritos y/o mejoren los resultados obtenidos.

5 EXPLICACIÓN DE LA INVENCIÓN

La presente invención pretende abordar los problemas y desventajas de la técnica anterior, arriba mencionados.

Para ello, un primer objeto de la presente invención se refiere a un sistema de inspección de módulos fotovoltaicos en funcionamiento que comprende:

- 10 - un elemento de transparencia variable, provisto de una porción de material electrocrómico destinada a colocarse al menos sobre una célula solar de un módulo fotovoltaico, estando dicha porción de material electrocrómico conectada eléctricamente a una fuente de alimentación con la interposición de un conmutador, donde el elemento de transparencia variable está configurado para dejar pasar la luz cuando reciben una corriente eléctrica proveniente de la fuente de alimentación y también está configurado para no dejar pasar la luz cuando no reciben una corriente eléctrica proveniente de la fuente de alimentación;
- 15 - el conmutador configurado para permitir una corriente eléctrica proveniente de la fuente de alimentación durante un primer intervalo " t_1 " de tiempo predeterminado y
- 20 - también está configurado para bloquear la corriente eléctrica proveniente de la fuente de alimentación durante un primer intervalo " t_2 " de tiempo predeterminado;
- medios de captación de luminiscencia; y
- una unidad de control conectada con los medios de captación de luminiscencia, donde la unidad de control está configurada para activar los medios de captación de luminiscencia al menos una vez cuando los medios obturadores dejan pasar la luz y al menos una vez cuando los medios obturadores no dejan pasar la luz.

El funcionamiento del sistema de inspección de módulos fotovoltaicos según la invención es similar, en algunos aspectos, al de los sistemas de fotoluminiscencia diurna del estado de la técnica. No obstante, es posible tomar todas las mediciones de luminiscencia necesarias sin necesidad de desconectar dichos módulos fotovoltaicos, es decir, mientras

están en funcionamiento y sin necesidad de incorporar un diodo adicional como se practica en el estado del arte.

Así, al colocar el elemento de transparencia variable en su estado no transparente (por ejemplo, en estado translucido o semi-opaco) sobre una o más células solares de un módulo fotovoltaico, se genera una sombra en las mismas lo que, a su vez y según lo explicado anteriormente, activa el diodo de bypass correspondiente, haciendo que la corriente circule a través de dichos diodos, en vez de a través de las células solares. El efecto resultante es, equivalente al que se obtendría en los sistemas de fotoluminiscencia diurna de las técnicas anteriores, desconectando el módulo fotovoltaico o alterando el punto de funcionamiento de la célula.

Por otro lado, cuando el conmutador se enciende, se permite la corriente eléctrica proveniente de la fuente de alimentación circule a través de la porción de material electrocrómico, haciendo que pase a su estado transparente. De nuevo, el efecto resultante es, equivalente al que se obtendría en los sistemas de fotoluminiscencia diurna de las técnicas anteriores, desconectando el módulo fotovoltaico o alterando el punto de funcionamiento de la célula

Además, el sistema de inspección de módulos fotovoltaicos según la presente invención presenta las siguientes ventajas adicionales: al no utilizar una fuente de alimentación externa (de los módulos fotovoltaicos) desaparece cualquier posible riesgo eléctrico ligado a la conexión y posterior desconexión de dichos módulos fotovoltaicos a la fuente. Además, se reduce el número de elementos de los que consta el sistema de inspección, lo que facilita su transporte, algo especialmente deseable cuando se inspeccionan plantas fotovoltaicas extensas y/o con muchos módulos y se mejora la tasa de módulos inspeccionados por unidad de tiempo.

El sistema de inspección de módulos fotovoltaicos según la invención está preferiblemente provisto de una unidad de filtrado, configurada para restar la señal captada cuando la porción de material electrocrómico está en estado transparente, de la señal captada cuando la porción de material electrocrómico está en estado no transparente. Esto permite separar la parte de la señal debido a la luminiscencia propia del módulo fotovoltaico del ruido originado por la radiación solar o por otras fuentes lumínicas externas, lo que es relevante puesto que la luminiscencia propia del módulo fotovoltaico es la única relevante para poder determinar si en dicho módulo fotovoltaico existen, o no, defectos e imperfecciones.

En una realización preferida de la invención, la porción de material electrocrómico está hecha de cristal líquido polímero disperso (PDLC). Este material está formado por tres capas diferentes, una capa exterior de politereftalato de polietileno (PET), una capa compuesta por óxido de indio y estaño (ITO) y una capa central de polímero disperso y 5 partículas de cristal líquido.

Se prefiere el uso de PDLC porque este material es capaz de cambiar de estado muy rápidamente, en un tiempo del orden de unas pocas decenas de milisegundos. Así, habitualmente, el PDLC puede cambiar de no transparente a transparente en unos 20 ms y de transparente a no transparente en unos 60 ms, aproximadamente, aunque los 10 tiempos exactos pueden variar ligeramente en función de la calidad del material y las conexiones realizadas. De esta forma al restar dos imágenes obtenidas en tiempos muy próximos la variación de la luz parásita será muy pequeña consiguiendo eliminarla de manera más eficaz.

Los medios de captación de luminiscencia comprenden, preferiblemente, una cámara con 15 respuesta espectral dentro de la región infrarroja del espectro.

Se prefiere el uso de cámaras capaces de detectar dentro del rango del infrarrojo porque la emisión de luminiscencia del silicio, principal material del que están hechas las células solares, se produce principalmente dentro del espectro infrarrojo (a una longitud de onda de 1.110 nm).

20 Asimismo, los medios de captación de luminiscencia están preferiblemente provistos de al menos un ventilador de refrigeración, destinado a evitar sobrecalentamientos.

En una realización preferida de la invención, la unidad de control comprende una memoria y un procesador, estando almacenadas en dicha memoria instrucciones que, al ejecutarse por el procesador, hacen que dicho procesador:

- 25
- encienda el conmutador configurado durante el primer intervalo de tiempo predeterminado y active, al menos una vez, los medios de captación de la luminiscencia mientras la porción de material electrocrómico está en estado transparente; y posteriormente
 - apague el conmutador configurado durante el segundo intervalo de tiempo predeterminado y active, al menos una vez, los medios de captación de la luminiscencia mientras la porción de material electrocrómico está en estado no transparente.
- 30

El sistema de inspección según la presente invención también comprende, preferiblemente, un módulo de comunicaciones configurado para conectar de forma inalámbrica la unidad de control con el conmutador del elemento de transparencia variable
5 y/o con los medios de captación de luminiscencia.

En una realización de la invención el conmutador es un relé de estado sólido.

En una de las realizaciones de la invención se contempla una pluralidad de elementos de transparencia provistos, cada uno de ellos, de una porción de material electrocrómico variable, destinados a cubrir al menos una célula solar asociada a cada uno de los diodos
10 de bypass del módulo fotovoltaico. Así, ventajosamente, es posible obtener la imagen de todo el panel de manera simultánea.

Un segundo aspecto de la invención se refiere a la configuración del sistema de inspección del primer aspecto de la invención para llevar a cabo la inspección de módulos
15 fotovoltaicos. La configuración del sistema para poder inspeccionar los módulos fotovoltaicos comprende:

- a) colocar la porción de material electrocrómico del elemento de transparencia variable sobre al menos una célula solar de un módulo fotovoltaico y disponer los medios de captación de luminiscencia por encima de dicha porción de material electrocrómico;
20
- b) encender el conmutador durante un primer intervalo de tiempo predeterminado permitiendo que una corriente eléctrica proveniente de la fuente de alimentación circule a través de la porción de material electrocrómico, haciendo que dicha porción pase a un estado transparente;
- c) activar los medios de captación de luminiscencia al menos una vez cuando la porción de material electrocrómico está en estado transparente;
25
- d) apagar el conmutador durante un segundo intervalo de tiempo predeterminado, durante el cual el material electrocrómico está en un estado no transparente, al no recibir corriente eléctrica de la fuente de alimentación; y
- e) activar los medios de captación de luminiscencia al menos una vez cuando la porción de material electrocrómico en estado no transparente.
30

Además, la configuración del sistema para poder inspeccionar los módulos fotovoltaicos puede comprender:

- 5 f) restar, mediante la unidad de filtrado, una primera señal captada cuando la porción de material electrocrómico está en estado transparente, de una segunda señal captada cuando la porción de material electrocrómico está en estado no transparente.

De esta manera, cuando el material está en estado transparente lo que capta la cámara es mayoritariamente la irradiación solar, luz directa y/o reflejada emitida por el sol ya que 10 en esas condiciones el material prácticamente no emite luminiscencia. Por otro lado, cuando está en estado opaco la cámara sigue captando esa irradiación y además la luminiscencia que el material emite en estas condiciones. Por eso al restar las dos señales el resultado es la luminiscencia, ya que se elimina la irradiación solar, que prácticamente es la misma en los dos casos al tomarse las imágenes consecutivas y en un tiempo muy 15 corto

En una realización preferida de la invención, el tiempo que transcurre entre la etapa b) (encender el conmutador) y la etapa c) (activar los medios de captación de luminiscencia) arriba descritas y el tiempo que transcurre entre la etapa d) (apagar el conmutador) y la 20 etapa e) (activar los medios de captación de luminiscencia) es, en ambos casos, de al menos 300 ms.

De este modo, al esperar esos intervalos de tiempo para activar los medios de captación de luminiscencia, nos aseguramos de que -en el caso de las etapas b) y c)- la porción de material electrocrómico ha cambiado completamente a su estado transparente antes de 25 que los medios de captación tomen las correspondientes mediciones y que, de forma similar, -en el caso de las etapas d) y e)- la porción de material electrocrómico haya cambiado completamente a su estado no transparente antes de hacer las correspondientes mediciones.

Por el contrario, el tiempo que emplean los medios de captación de luminiscencia en 30 tomar una medición dependerá de la irradiación externa y se corresponde con el tiempo de exposición de la cámara (a una abertura de diafragma e ISO predeterminadas).

El método de inspección de módulos fotovoltaicos de la presente invención únicamente requiere que el panel fotovoltaico esté conectado al inversor configurado para convertir la

energía de corriente directa de los paneles solares en corriente alterna compatible con la red eléctrica. Esto permite que el panel se mantenga en funcionamiento mientras se realizan las tareas de inspección en la planta fotovoltaica, es decir, no se requiere desconectar ni conectar nada al panel, lo que evita posibles errores, por ejemplo, en la 5 operación de vuelta a producción de cualquier de los paneles desconectados para inspección.

Por lo tanto, de acuerdo con todo lo anterior, la presente invención proporciona ventajosos efectos técnicos que permiten inspeccionar paneles fotovoltaicos mientras estos siguen 10 generando energía, sin tener que cambiar nada en el cableado de la instalación, evitando así posibles errores en la futura conexión o puesta en marcha de nuevo de los paneles, como pasa con los métodos utilizados actualmente en el estado del arte.

DEFINICIONES

15 En la presente descripción se entiende que un material electrocrómico es aquel capaz de aumentar su transparencia con el paso de corriente eléctrica de forma que, en ausencia de corriente, dicho material es no transparente (habitualmente semi-opaco o translúcido) y al ser atravesado por una corriente eléctrica éste pasa a ser transparente.

Asimismo, se considera que un material es transparente cuando su transmitancia total 20 medida según la norma internacional ASTM 1003, utilizando para ello un medidor de haz de transmisión es superior al 80%, y no transparente cuando su transmitancia total es inferior a 50%.

Por otro lado, en la presente descripción debe entenderse que la región infrarroja del espectro electromagnético de interés en esta aplicación es aquella cuya longitud de onda 25 está comprendida los 900 y los 1700 nm.

En la presente descripción se entiende que un sector del panel fotovoltaico se refiere a las dos columnas de células solares que van asociadas a un diodo de bypass determinado.

30 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de dibujos en donde -con carácter ilustrativo y

no limitativo- se ha representado lo siguiente:

Figura 1.- Muestra esquemáticamente una posible realización de un sistema de inspección según la presente invención.

Figura 2a.- Muestra esquemáticamente una posible disposición de la porción del material

5 electrocrómico en estado no transparente, sobre un panel fotovoltaico y las corrientes eléctricas resultantes en dicho panel, durante una etapa de captación de luminiscencia de un método de inspección según la invención.

Figura 2b.- Muestra esquemáticamente una posible disposición de la porción del material

electrocrómico en estado transparente, sobre un panel fotovoltaico y las corrientes

10 eléctricas resultantes en dicho panel, durante una etapa de captación de luminiscencia de un método de inspección según la invención.

Figura 3.- Es un diagrama temporal que muestra la activación y desactivación de un conmutador durante un ciclo, del método de inspección de paneles fotovoltaicos según la presente invención.

15 **REFERENCIAS DE LAS FIGURAS**

1a) Lámina de material electrocrómico;

1b) fuente de alimentación;

1c) conmutador;

1d) transformador

20 2) medios de captación de luminiscencia;

3) unidad de control;

4) unidad de filtrado;

5) módulo de comunicaciones;

6) batería del módulo de comunicaciones;

25 7) batería de los medios de captación de luminiscencia;

t_1) primer intervalo de tiempo predeterminado;

t_2) segundo intervalo de tiempo predeterminado;

t_{on}) tiempo predeterminado que transcurre entre el encendido del conmutador y la activación de los medios de captación de luminiscencia;

30 t_{off}) tiempo predeterminado que transcurre entre el apagado del conmutador y la activación de los medios de captación de luminiscencia;

t_f) tiempo que emplean los medios de captación de luminiscencia en tomar una medición;

y

D1, D2, D3) diodos de bypass del panel fotovoltaico; y
S1, S2, S3) sectores que componen cada diodo bypass del panel fotovoltaico.

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCIÓN

- 5 En la **Figura 1** se representa un esquema de bloques con los principales componentes del sistema de inspección de paneles solares de la presente invención. El sistema en esta realización se presenta de un modo distribuido en dos grupos funcionales. Por un lado, en un primer grupo funcional, el sistema comprende una unidad de control **3**, que incorpora opcionalmente una unidad de filtrado **4**, donde dicha unidad de control **3** comprende un módulo de comunicaciones inalámbricas y aloja todas las instrucciones y procesos implementados por software para gobernar el funcionamiento del resto de elementos del sistema. En este mismo grupo funcional se añade una batería **7** y unos medios de captación de luminiscencia **2**. Por otro lado, existe un segundo grupo funcional que se comunica con la unidad de control **3** del primer grupo funcional mediante un enlace inalámbrico que se establece eventualmente con un módulo de comunicaciones inalámbricas **5**. Adicionalmente, el segundo grupo funcional comprende una batería **6**, un conmutador **7**, una fuente de alimentación **1b** y unos medios obturadores, como por ejemplo una porción de material electrocrómico **1a** que, en este caso un polímero PDLC (Polymer Dispersed Liquid Crystal).
- 10 En diferentes realizaciones, los medios obturadores consisten en medios obturadores mecánicos que controlan el intervalo de tiempo que dejan pasar la luz mediante un desplazamiento físico de un elemento opaco, el cual se interpone o se retira para crear el sombreado. El efecto es, por tanto, equivalente al del uso de un cristal electrocrómico.
- 15 Adicionalmente, el segundo grupo funcional comprende una batería **6**, un conmutador **7**, una fuente de alimentación **1b** y unos medios obturadores, como por ejemplo una porción de material electrocrómico **1a** que, en este caso un polímero PDLC (Polymer Dispersed Liquid Crystal).
- 20 En diferentes realizaciones, los medios obturadores consisten en medios obturadores mecánicos que controlan el intervalo de tiempo que dejan pasar la luz mediante un desplazamiento físico de un elemento opaco, el cual se interpone o se retira para crear el sombreado. El efecto es, por tanto, equivalente al del uso de un cristal electrocrómico.
- 25 Específicamente, la conexión entre la unidad de control y el PDLC se lleva a cabo en esta realización ilustrativa mediante un microcontrolador Arduino, al cual mediante un dispositivo de comunicaciones inalámbricas Xbee-Pro S2C, que trabaja a una frecuencia de 2.4GHz, se le envía la señal indicativa de cuándo ha de recibir corriente el PDLC para cambiar su estado de transparencia. Para que esta conmutación sea posible a tal velocidad, se dispone, como elemento conmutador **1c**, un relé en estado sólido, el cual mediante la señal del Arduino permite o impide la circulación de corriente hacia el PDLC.
- 30 Para alimentar el PDLC, puede disponerse un transformador **1d** que se conecta a un

enchufe normal europeo y ofrece una tensión de salida de 60VAC. Alternativamente, puede disponerse una batería como fuente de alimentación **1b**, para ello se intercala en el circuito un inversor para cambiar la corriente continua, proporcionada por la batería, en corriente alterna para alimentar el transformador **1d** que activa el PDLC. Este inversor transforma 5 los 12V de continua provenientes de una de las baterías y los transforma en los 220V de alterna.

La cámara de los medios de captación de luminiscencia es, en esta realización ilustrativa, 10 un modelo Hamamatsu C12741-03 con objetivo LM16HC, de la empresa *Kowa Optimed Deutschland*, la cual se conecta a la unidad de control vía USB y a la batería portátil **7**. La cámara puede incorporar un sistema auxiliar de ventilación para trabajar en condiciones de calor y duración extremas sin sufrir sobrecalentamientos. El sistema auxiliar de ventilación comprende uno o más ventiladores acoplados al exterior de la carcasa de la cámara y conectados también a la batería portátil **7**.

15

La ubicación del PDLC respecto al panel a inspeccionar se gestiona mediante una estructura de sujeción fabricada en aluminio y con marcos reducidos para provocar la menor sombra posible.

20

En las **figuras 2a** y **2b**, se muestra el efecto de la presente invención sobre un panel fotovoltaico de una manera conceptual, diferenciando un estado no transparente del material electrocrómico de la presente invención en la **figura 2a**, de un estado transparente del material electrocrómico de la presente invención en la figura **2b**, dispuesto dicho material electrocrómico en la misma posición en ambos casos. Adicionalmente, se 25 representan las corrientes eléctricas resultantes en el panel bajo inspección, durante las respectivas etapas de captación de luminiscencia, y la interconexión de los diodos "bypass" **D1**, **D2** y **D3** entre los sectores **S1**, **S2**, **S3** del panel.

30

Cuando se fuerza el sombreado de una célula del panel fotovoltaico disponiendo sobre ella el material electrocrómico **1a** en un estado no transparente (**figura 2a**), la célula sombreada actúa como una resistencia y limita la circulación de corriente. Por lo tanto, se activa el diodo de bypass del sector en el que está la célula sombreada. En este caso (**figura 2a**), el diodo **D3** es el que ofrece una derivación para que la corriente evite el sector **S3** y, por lo tanto, los electrones excitados por la radiación solar no pueden salir del sector y vuelven 35 a su estado original emitiendo luminiscencia.

La célula sobre la que se fuerza el sombreado puede definirse como *célula de control*, ya que funcionalmente equivale a un interruptor eléctrico del sector del panel al que pertenece. Es decir, forzando el sombreado de la célula de control o permitiendo que reciba la luz solar, se controla directamente la activación y desactivación del diodo “*bypass*” del mismo sector o, lo que es lo mismo, la activación y desactivación del sector correspondiente.

El método de fotoluminiscencia (PL) diurna de la presente invención consiste en tomar dos imágenes, una con el diodo de bypass activo (**figura 2b**) y otra con el diodo sin activar (**figura 2a**). En este segundo caso los electrones excitados por la radiación solar son inyectados en el circuito sin llegar a recombinarse y sin generar por tanto luminiscencia. De esta manera la restar las dos imágenes obtenidas se filtra la señal obtenida, eliminándose la luz proveniente de la radiación solar y obteniéndose la luminiscencia emitida por el panel. En la práctica, esta operación no da buen resultado si se lleva a cabo únicamente con un par de imágenes, por lo que preferiblemente se procede a la realización de varios ciclos de imágenes, por ejemplo, una de las realizaciones comprende al menos 400 ciclos.

La **figura 3** recoge en detalle el proceso de filtrado de las imágenes para separar la luminiscencia de la demás radiación lumínica. Se dispone un ciclo con dos partes claramente diferenciadas: una parte alta (o estado “ON”), que se corresponde con el PDLC cuando está transparente (pasa corriente por él); y una parte baja (o estado “OFF”) que se corresponde con el PDLC cuando está opaco (no pasa corriente por él) OFF. Resulta esencial para el funcionamiento de la invención una buena sincronización entre las conmutaciones del material electrocrómico PDLC y la cámara. No solo deben tenerse en cuenta los tiempos que requiere el hardware de la cámara para obtener las imágenes, sino que el ajuste debe realizarse para que las imágenes se obtengan con el material electrocrómico estable. Este proceso se lleva a cabo automáticamente por un algoritmo programado en la unidad de control para hacer dos fotos en cada semiciclo, es decir, cuando el PDLC está en un estado distinto. El tiempo en nivel alto “*Ton*” y el tiempo en nivel bajo “*Toff*” son los tiempos de espera para hacer las fotos en cada uno de los semiciclos respectivamente, ya que el PDLC aunque sea muy rápido no es instantáneo, por lo que se establece un tiempo de espera para que se stabilice su estado final y obtener las imágenes correctamente. Los tiempos *Ton* y *Toff* son tiempos variables que pueden modificarse en función del tiempo que necesite el material electrocrómico en modificar su estado de ON a OFF. En la **figura 3** también se incluye otra magnitud temporal, definida como *Tf*, que es el tiempo completo que tarda la cámara en hacer una foto, lo que incluye

el tiempo de exposición y el de procesado de la señal. El tiempo de exposición es variable, ya que es el tiempo en el que el objetivo de la cámara está abierto y depende de las condiciones de la luz exterior. A modo ilustrativo, en una realización de la invención, se trabaja con una cámara de tiempo de adquisición de 20 ms.

5

Para obtener la imagen de luminiscencia de la célula sombreada, se procede de la siguiente manera: sombrear al menos dos células asociadas al mismo diodo, hacer trabajar una, tomar las imágenes cómo se describe anteriormente y después repetir todo el proceso con la otra. De esta forma se obtiene en cada caso las imágenes de luminiscencia de todas las células menos de la sombreada. En este caso, se necesita intercalar entre el sistema de polarización y las células sombradas un interruptor adicional configurado para cambiar la polarización a una y a la otra. Obviamente el tiempo necesario para hacer las medidas se duplica. Por otro lado, puede obtenerse una ventaja adicional aumentando el área de los medios obturadores, para que cada uno de los dos (en esta opción se contemplan dos PDLC) cubra dos células, lo que resulta en un funcionamiento del diodo de bypass más eficiente y los cambios de estado del funcionamiento del panel más importantes, con lo que la eliminación del ruido es más eficaz. Hay que tener en cuenta que el diodo de bypass no funciona estrictamente como un interruptor, todo o nada, sino que lo hace de forma algo más gradual.

10

La presente invención no está limitada, en modo alguno, a las realizaciones aquí divulgadas. Para la persona experta en la técnica serán evidentes otras posibles realizaciones diferentes de esta invención, a la vista de la presente descripción. En consecuencia, el alcance de protección de la presente invención está definido, 15 exclusivamente, por las reivindicaciones que siguen a continuación.

20

25

REIVINDICACIONES

1. Sistema de inspección de módulos fotovoltaicos en funcionamiento caracterizado por que comprende:

- unos medios obturadores destinados a colocarse al menos sobre una célula solar de un módulo fotovoltaico, estando dichos medios conectados eléctricamente a una fuente (1b) de alimentación con la interposición de un conmutador (1c);

- el conmutador (1c);

- medios (2) de captación de luminiscencia; y

- una unidad (3) de control conectada con los medios de captación de luminiscencia.

10 2 Sistema de inspección según la reivindicación 1 que comprende, además, una unidad (4) de filtrado, configurada para restar una primera señal captada cuando los medios obturadores están en el estado de dejar pasar la luz, de una segunda señal captada cuando los medios obturadores están en el estado que no deja pasar la luz.

15 3. Sistema de inspección según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los medios obturadores comprenden una porción (1a) de material electrocrómico comutable de un estado no transparente a un estado transparente cuando recibe una corriente eléctrica.

20 4. Sistema de inspección según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los medios (2) de captación de luminiscencia comprenden una cámara con respuesta espectral dentro de la región infrarroja del espectro.

25 5. Sistema de inspección según la reivindicación 4, en el que la cámara comprende, además, un sensor del tipo dispositivo de carga acoplada.

6. Sistema de inspección según cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que los medios (2) de captación de luminiscencia están provistos de al menos un ventilador de refrigeración.

30

7. Sistema de inspección según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la unidad (4) de control comprende una memoria y un procesador.

8. Sistema de inspección según la cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un módulo (5) de comunicaciones configurado para conectar de forma inalámbrica la unidad (3) de control con el commutador (1c) de los medios obturadores y/o con los medios (2) de captación de luminiscencia.

5

9. Sistema de inspección según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende una pluralidad de medios obturadores provistos, cada uno de ellos, de una porción (1a) de material electrocrómico variable, destinados a cubrir al menos una célula solar asociada a cada uno de los diodos de bypass del módulo fotovoltaico.

10

10. Sistema de inspección según cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde los medios obturadores comprenden un material de cristal líquido polímero disperso PDLC.

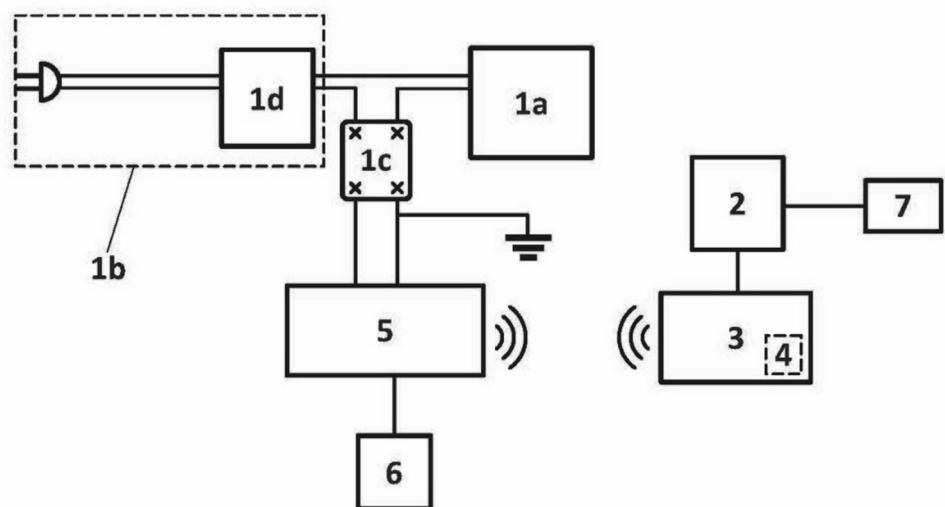


FIG 1

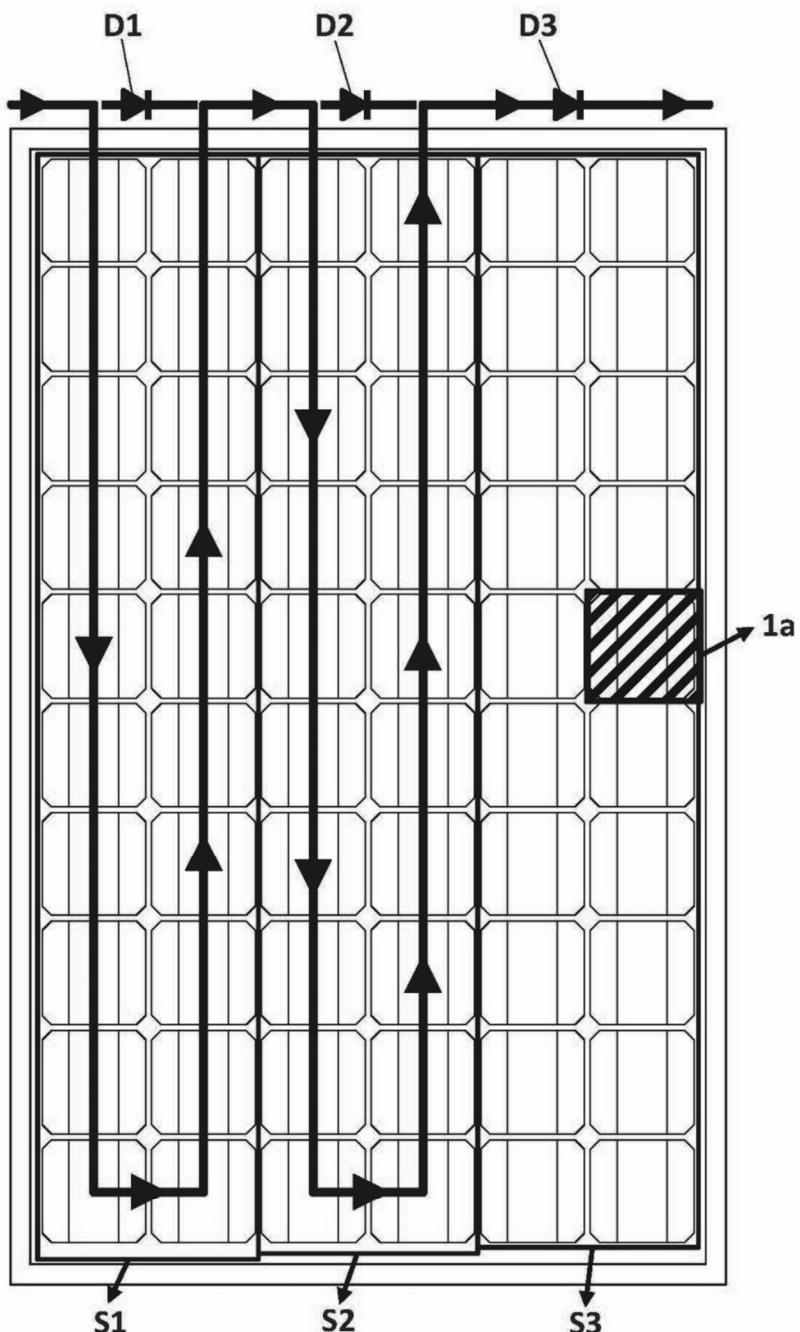


FIG 2a

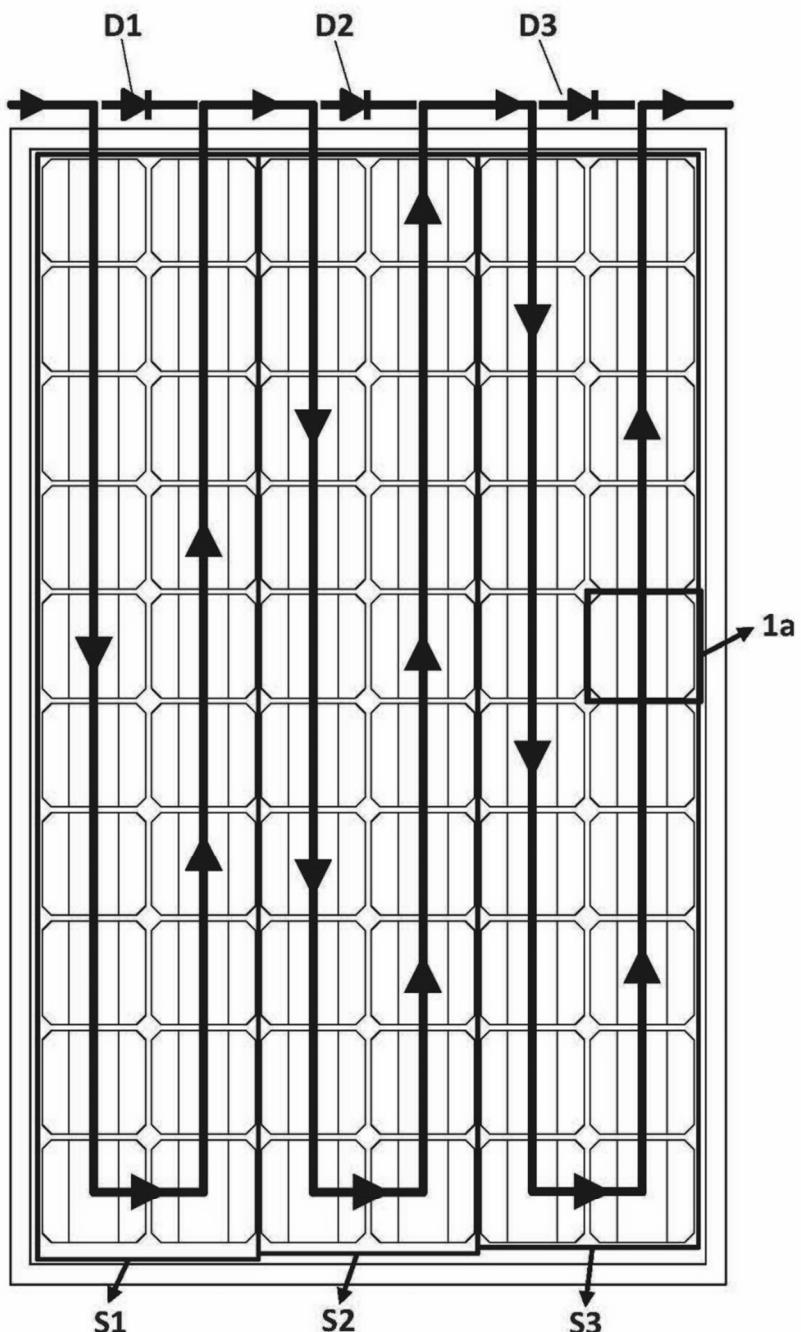


FIG 2b

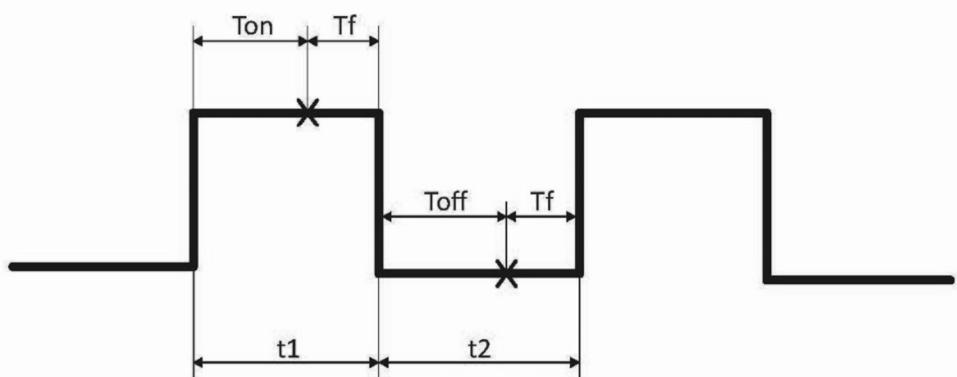


FIG 3