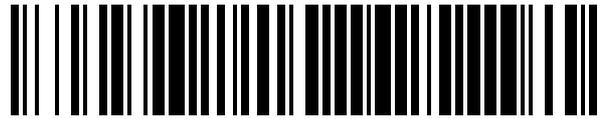


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **1 249 534**

21 Número de solicitud: 201931948

51 Int. Cl.:

H02S 50/10 (2014.01)

12

SOLICITUD DE MODELO DE UTILIDAD

U

22 Fecha de presentación:

27.11.2019

43 Fecha de publicación de la solicitud:

20.07.2020

71 Solicitantes:

**UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID (100.0%)
Av. Gregorio Peces Barba, 1
28919 Leganés (Madrid) ES**

72 Inventor/es:

**LÓPEZ FRAGUAS, Eduardo;
VERGAZ BENITO, Ricardo y
SÁNCHEZ PENA, José Manuel**

54 Título: **Simulador solar para la caracterización de fotodetectores y células solares**

ES 1 249 534 U

DESCRIPCIÓN

Simulador solar para la caracterización de fotodetectores y células solares

5 OBJETO DE LA INVENCION

El objeto de la presente invención es un dispositivo de bajo coste diseñado para la caracterización de fotodetectores y células solares.

10 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

En la actualidad, para determinar las características de las células solares en interiores se utilizan unos dispositivos denominados simuladores solares. Un simulador solar es esencialmente un equipo de medida que permite obtener las curvas de funcionamiento de un laminado o módulo fotovoltaico bajo condiciones de iluminación que simulan la radiación solar. Los simuladores solares actuales presentan diversas desventajas:

- Elevada complejidad de construcción y gran tamaño. En concreto, los simuladores para paneles comerciales actuales exceden con mucho las dimensiones del aquí presentado, y los simuladores de LEDs que se destinan a pequeños paneles (como Sunlite© de Abet o Pico© de G2V) tienen dimensiones que exceden los 300 mm de ancho o 400 mm de altura. Además, incorporan uno o varios elementos ópticos adicionales para conseguir la homogeneidad espacial y espectral en el área de iluminación de la muestra: filtros, lentes, colimadores, espejos, difusores, etc.

- Elevado coste, lo que en ocasiones impide su adquisición por parte de equipos de investigación o empresas. En un estudio de los simuladores más parecidos al aquí presentado por tamaño y prestaciones, encontramos una gama de precios de 9.063 a 14.919 €. Además, en algunos casos se llega solo a clase ABA (según Norma IEC 60904-9, usada como referencia en este ámbito, y de aquí en adelante, en este documento), o en otros se tiene que construir o adquirir un soporte para sujetarlos.

- Los simuladores solares actuales normalmente utilizan lámparas de descarga (por ejemplo, lámparas de Xenon) para generar un espectro cuya irradiancia global se asemeja a la que se recibe desde el sol en la superficie de la tierra para una masa de aire estándar, el llamado espectro AM1.5G. Con frecuencia, los investigadores

desean obtener la respuesta de la célula solar bajo estudio a una determinada longitud de onda de la radiación incidente. Para ello, puesto que no es posible modificar el espectro generado por la lámpara de Xenon, se ven obligados añadir filtros selectivos para ese rango espectral en el camino óptico hacia la placa solar.

5

- Necesidad de incluir elementos ópticos para focalizar la radiación sobre la célula y homogeneizarla en la medida de lo posible

10 Para solucionar estos problemas, se está empezando a utilizar tecnología de LEDs para generar la iluminación en lugar de lámparas de Xenon. En efecto, un manejo adecuado de los LEDs permite realizar la selección espectral durante la propia generación de la iluminación en lugar de a través de filtros adicionales.

15 Sin embargo, los simuladores solares de LEDs actuales están pensados para la caracterización de paneles solares comerciales de superficie extensa (por ejemplo, de aproximadamente 1-2 m²), lo que implica un coste que sigue siendo muy elevado para muchos centros de investigación. Además, en fases preliminares de investigación es más conveniente disponer de simuladores solares de menor tamaño con el propósito de caracterizar células de reducido tamaño (de 0,5 a 5 cm²). Este tipo de células pequeñas son habituales como
20 prototipos de tecnologías y materiales en fase de investigación, y para poder caracterizarlas resulta necesaria una iluminación que garantice la homogeneidad espacial y temporal a pequeña escala. Las soluciones comerciales actuales de simuladores solares de pequeña escala contienen óptica o diseños constructivos complejos que las alejan del bajo coste necesario para hacerlas rentables en centros de investigación, que se ven obligados a dedicar
25 este recurso durante tiempos largos a caracterizar una sola muestra.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

30 Los inventores de esta solicitud resuelven los problemas anteriores mediante un nuevo simulador solar basado en LEDs y particularmente diseñado para ser fabricado de una manera rápida, fácilmente replicable y económica mediante impresión 3D. Concretamente, el simulador solar de la presente invención tiene una estructura que incluye fundamentalmente cuatro piezas de formas sencillas fabricables por una impresora 3D y tres placas electrónicas fijadas a la estructura. Además, el tamaño de este simulador solar es menor que el de los
35 simuladores solares comerciales actuales, por lo que es más adecuado para su uso en centros de investigación.

Así, de acuerdo con la presente invención, el simulador solar de bajo coste para la caracterización de fotodetectores y células solares comprende:

5 a) Bastidor

El bastidor constituye el soporte estructural sobre el que se disponen los elementos electrónicos que constituyen el simulador de la presente invención. El bastidor tiene una forma esencialmente paralelepípedica y está formado por:

10

- Un módulo de muestras

El módulo de muestras, que constituye la base sobre la que se apoya el bastidor, está configurado para recibir una muestra de fotodetector o célula solar.

15

De acuerdo con una realización preferida de la invención, el módulo de muestras comprende una placa inferior en forma de paralelogramo de cuyos bordes emergen verticalmente unas paredes perimetrales. Así, la cara inferior de la placa inferior puede apoyarse sobre una superficie horizontal, y las paredes perimetrales verticales delimitan un espacio interior donde se dispone la muestra en cuestión.

20

Más preferiblemente, la placa inferior del módulo de muestras comprende además un saliente configurado para introducirse en una cavidad complementaria de una cara inferior de un soporte de muestras. El soporte de muestras se fija así al fondo del módulo de muestras simplemente encajando el saliente de dicha placa inferior en la cavidad complementaria del propio soporte. Se dispone de soportes de varios tamaños para ajustar la distancia entre la muestra y la placa que contiene los LEDs (primera placa electrónica).

30

Aún más preferiblemente, el simulador de la invención comprende además el propio soporte de muestras, comprendiendo dicho soporte de muestras, además de la mencionada cavidad complementaria en su cara inferior, una marca en su cara superior para indicar el punto central de irradiancia que sirve como referencia para el posicionamiento de la muestra a medir. Por ejemplo, la marca puede estar formada por dos ranuras perpendiculares que se cruzan.

35

Además, el simulador de la invención puede disponer de un dispositivo elevador configurado para modificar la altura del soporte de muestras con el propósito de asegurar que la distancia entre la muestra y los LEDs coincide con la distancia requerida que se describirá más adelante en este documento. El dispositivo elevador puede adoptar cualquier forma que permita ejercer esta función, por ejemplo un mecanismo basado en cilindros hidráulicos, un mecanismo basado en engranajes accionados por servomotores, o cualquier otro.

5

10

- Un módulo de iluminación

El módulo de iluminación es acoplable al módulo de muestras en una posición inmediatamente encima de dicho módulo de muestras. Además, el módulo de iluminación comprende una primera ranura horizontal de recepción de primera placa electrónica que se describe más adelante en este documento.

15

Más preferentemente, el módulo de iluminación comprende cuatro paredes dispuestas formando un paralelogramo en cuya porción superior está situada la primera ranura horizontal de recepción. Cuando el módulo de iluminación está fijado al módulo de muestras, las paredes verticales de ambos módulos están alineadas para formar una cavidad en cuyo interior se dispone la muestra. La primera ranura horizontal de recepción está normalmente ubicada en una porción superior del módulo de iluminación, dejando así un espacio suficiente debajo de la primera placa electrónica para la ubicación de la muestra. En la configuración óptica propuesta, esta distancia debe ser de 5 cm desde la primera placa electrónica hasta la superficie de la muestra a medir, para garantizar una clase AAA en el simulador según se define en la norma Norma IEC 60904-9.

20

25

En principio, el acoplamiento entre el módulo de iluminación y el módulo de muestras se puede realizar de cualquier manera siempre que sea fácilmente desmontable y que tenga una rigidez suficiente. Por ejemplo, en una realización particularmente preferida de la invención, la cara inferior del módulo de iluminación comprende unos elementos de acoplamiento complementarios con unos elementos de acoplamiento ubicados en la cara superior de las paredes perimetrales del módulo de muestras.

30

35

- Un módulo de potencia

5 El módulo de potencia está formado simplemente por cuatro columnas verticales cuyo extremo inferior es acoplable a las esquinas del módulo de iluminación. Además, unas caras interiores de las columnas verticales comprenden una segunda ranura horizontal de recepción configurada para recibir una segunda placa electrónica que se describe más adelante en este documento.

10 Como se ha mencionado anteriormente con relación al acoplamiento entre los módulos de iluminación y muestras, el acoplamiento entre el módulo de potencia y el módulo de iluminación puede realizarse de cualquier modo adecuado. Sin embargo, en una realización particularmente preferida de la invención, la cara inferior de las cuatro columnas verticales comprenden unos elementos de acoplamiento complementarios con unos elementos de acoplamiento ubicados
15 en la cara superior de las paredes del módulo de iluminación.

- Un módulo de control

20 El módulo de control es acoplable a unos extremos superiores de las columnas verticales del módulo de potencia. Además, el módulo de control comprende una tercera ranura horizontal de recepción configurada para recibir una tercera placa electrónica que se describe más adelante en este documento.

25 En cuanto a su forma, preferentemente el módulo de control comprende una cubierta plana con forma de paralelogramo de cuyas esquinas emergen verticalmente hacia abajo unos tramos de columna. Constituye así la pieza que cierra superiormente el bastidor descrito.

30 El acoplamiento entre el módulo de control y el módulo de potencia se puede realizar de diferentes modos, aunque en una realización preferida de la invención la cara inferior de los tramos de columna del módulo de control comprende unos elementos de acoplamiento complementarios con unos elementos de acoplamiento ubicados en las caras superiores de las cuatro columnas verticales.
35

b) Primera placa electrónica

La primera placa electrónica que, como se ha descrito anteriormente, se aloja en la primera ranura horizontal de recepción, comprende un panel de LEDs orientados verticalmente hacia abajo.

5

En principio, sería posible seleccionar y posicionar los LEDs en el panel de acuerdo con diferentes configuraciones. Sin embargo, en una realización particularmente preferida de la invención, las características y posición de cada uno de los LEDs ha sido objeto de un diseño riguroso basado en simulaciones físicas con el propósito de garantizar la clase AAA en una superficie de 1 cm² alrededor del punto de referencia del soporte de la muestra, a 5 cm por debajo de la primera placa electrónica sin necesidad de utilizar ninguna óptica adicional. Se describe a continuación dicha disposición.

10

15

En una porción cuadrada de 50 mm de lado de la primera placa electrónica donde se encuentran los LEDs y que está dividida en una malla de cuadrículas iguales de 10 x 10, donde cada cuadrícula se denomina C_{x,y}, siendo x la fila e y la columna, los LEDs están situados en las siguientes posiciones:

20

- 1 LED de 367 nm ubicado en la posición C_{9,8}
- 1 LED de 385 nm ubicado en la posición C_{2,8}
- 2 LEDs de 400 nm ubicados en las posiciones C_{4,5} y C_{7,5}
- 2 LEDs de 451 nm ubicados en las posiciones C_{4,3} y C_{7,3}
- 2 LEDs de 465 nm ubicados en las posiciones C_{2,5} y C_{9,5}

25

- 2 LEDs de 521 nm ubicados en las posiciones C_{3,4} y C_{8,4}
- 4 LEDs de 540 nm ubicados en las posiciones C_{1,1}, C_{1,10}, C_{10,1}, y C_{10,10}
- 2 LEDs de 567 nm ubicados en las posiciones C_{2,6} y C_{9,6}
- 2 LEDs de 593 nm ubicados en las posiciones C_{4,6} y C_{7,6}
- 2 LEDs de 625 nm ubicados en las posiciones C_{3,7} y C_{8,7}

30

- 4 LEDs de 650 nm ubicados en las posiciones C_{2,2}, C_{2,9}, C_{9,2}, y C_{9,9}
- 4 LEDs de 730 nm ubicados en las posiciones C_{4,8}, C_{4,9}, C_{7,8}, y C_{7,9}
- 2 LEDs de 855 nm ubicados en las posiciones C_{2,3} y C_{9,3}
- 4 LEDs de 945 nm ubicados en las posiciones C_{3,2}, C_{4,2}, C_{7,2}, y C_{8,2}

35

Es importante remarcar que esta disposición particular de los LEDs permite obtener un simulador de clase AAA sin necesidad de utilizar ningún tipo de óptica adicional.

Como consecuencia, el simulador de la invención es más sencillo y menos complicado de fabricar que los simuladores de la técnica anterior, y por tanto también más económico.

5 c) Segunda placa electrónica

La segunda placa electrónica que, como se ha descrito anteriormente, se aloja en la segunda ranura horizontal de recepción, está conectada eléctricamente a la primera placa electrónica y comprende electrónica de potencia para el accionamiento de los LEDs de dicha primera placa electrónica.

d) Tercera placa electrónica

La tercera placa electrónica que, como se ha descrito anteriormente, se aloja en la tercera ranura horizontal de recepción, está conectada a la segunda placa electrónica y a una interfaz de usuario, y comprende electrónica de control para controlar el funcionamiento de los LEDs en función de los requerimientos del usuario.

Los elementos de acoplamiento que unen los diferentes módulos pueden ser de diferentes tipos. Sin embargo, en realizaciones preferidas de la invención los elementos de acoplamiento de los módulos de muestras, iluminación, potencia, y control comprenden salientes y cavidades configuradas para encajar a presión.

Además, de acuerdo con otra realización preferida de la invención, los módulos de muestras, iluminación, potencia, y control son fabricables mediante impresión 3D.

En otra realización preferida de la invención, el bastidor del simulador de la invención tiene un tamaño de 160 mm de ancho, 160 mm de largo y 267 mm de alto.

30 **BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS**

La Fig. 1 muestra una vista en perspectiva de un simulador solar de acuerdo con la presente invención.

35 La Fig. 2 muestra una vista en perspectiva despiezada de un simulador solar de acuerdo con la presente invención.

La Fig. 3 muestra una vista en perspectiva del módulo de control del simulador solar de la presente invención.

5 La Fig. 4 muestra una vista en perspectiva del módulo de potencia del simulador solar de la presente invención.

La Fig. 5 muestra una vista en perspectiva del módulo de iluminación del simulador solar de la presente invención.

10 La Fig. 6 muestra una vista en perspectiva del módulo de muestras del simulador solar de la presente invención.

Las Figs. 7a-7b muestran vistas en perspectiva del soporte de muestras del simulador solar de la presente invención.

15 La Fig. 8 muestra la disposición de los LEDs en la cara inferior del panel de la primera placa electrónica que permite obtener un simulador de clase AAA.

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

20 Se describe a continuación un ejemplo de simulador solar (1) de acuerdo con la presente invención haciendo referencia a las figuras adjuntas.

El simulador solar (1) está formado fundamentalmente por un bastidor (2) al que se fijan tres
25 placas electrónicas (3, 4, 5) y un soporte de muestras (6). El bastidor (2) tiene una forma esencialmente paralelepípedica con unas dimensiones de 160 mm de ancho, 160 mm de largo y 267 mm de alto. Estas dimensiones son menores que las dimensiones de los simuladores solares convencionales basados en LEDs mencionados con anterioridad en este documento, lo que facilita su uso en entornos de investigación. Además, el bastidor (2) está formado por
30 una serie de módulos (21, 22, 23, 24) acoplables entre sí que pueden fabricarse mediante técnicas de impresión 3D. Esto reduce enormemente el coste del simulador (1), de modo que está al alcance de muchos laboratorios y entidades de investigación que, de otro modo, carecerían de un equipo de este tipo.

35 Como se ha comentado, el bastidor (2) está formado por cuatro módulos: módulo de muestras (21), módulo de iluminación (22), módulo de potencia (23) y módulo de control (24). Estos

módulos (21, 22, 23, 24) están acoplados unos encima de otros para formar el bastidor (2) descrito anteriormente. La fijación entre unos módulos (21, 22, 23, 24) y otros se lleva a cabo mediante elementos de acoplamiento complementarios, en este caso orificios y vástagos, que permiten una fijación a presión. El acoplamiento entre módulos (21, 22, 23, 24) puede así realizarse muy rápidamente, simplemente encajando los vástagos de un módulo (21, 22, 23, 24) en los orificios correspondientes del módulo (21, 22, 23, 24) contiguo.

El módulo (21) de muestras, que se muestra con detalle en la Fig. 6, constituye la base del bastidor (2) que se apoya en una mesa u otra superficie horizontal. Concretamente, el módulo (21) de muestras está formado por una placa horizontal (211) de forma cuadrada o rectangular de cuyos bordes emergen verticalmente unas paredes (212) perimetrales. En la cara superior de la placa horizontal (211) hay un saliente (213), en este caso de forma cilíndrica, que está configurado para acoplarse a un correspondiente orificio (61) de un soporte de muestras (6).

El soporte (6) de muestras, representado en las Figs. 7a-7b, tiene forma de paralelepípedo y dispone en su superficie inferior del orificio (61) para su fijación a la placa horizontal (211) del módulo (21) de muestras. Además, el soporte (6) de muestras tiene un par de ranuras (62) situadas en su superficie superior para permitir la fijación de la muestra.

El módulo (22) de iluminación se fija encima del módulo (21) de muestras, y está formado fundamentalmente por cuatro paredes (222) dispuestas formando un cuadrado o rectángulo homólogo al del módulo (21) de muestras. En este ejemplo, la fijación entre ambos módulos (21, 22) se lleva a cabo mediante la introducción de unos vástagos o tetones que sobresalen verticalmente en las esquinas de las paredes perimetrales (212) del módulo (21) de muestras en unos correspondientes orificios (no mostrados en las figuras) ubicados en una posición correspondiente en las esquinas de la cara inferior de las paredes (222) del módulo (22) de iluminación. El módulo (22) de iluminación dispone además de una ranura (221) horizontal practicada en cara interior de la porción superior de dos paredes (222) opuestas. Esta ranura (221) permite fijar al módulo (22) de iluminación una primera placa electrónica (3) que da soporte a los LEDs.

Adicionalmente, el módulo (22) de iluminación dispone de un conducto o túnel semicilíndrico en la porción inferior de una de las paredes (222). Este conducto permite de una manera sencilla la entrada de los cables eléctricos conectados a la célula solar que se está probando. Este conducto semicilíndrico coincide, cuando el simulador (1) está montado, con una cavidad también semicilíndrica practicada en el borde superior de una pared lateral del módulo (21)

de muestras. Ambos conductos conforman así un túnel cilíndrico para la entrada de los cables mencionados.

5 El módulo (23) de potencia se fija encima del módulo (22) de iluminación de un modo similar al descrito anteriormente. Concretamente, el módulo (23) de potencia está formado por cuatro
columnas que disponen en su superficie inferior de unos orificios complementarios con unos
vástagos dispuestos en la cara superior de las esquinas de las paredes (222) del módulo (22)
de iluminación. Así, cada columna se fija simplemente introduciendo el vástago en cuestión
10 en el correspondiente orificio. Además, el módulo (23) de potencia dispone de una ranura
(231) horizontal practicada en las caras interiores enfrentadas de sendos pares de columnas.
Esta ranura (231) permite fijar al módulo (23) de potencia una segunda placa electrónica (4)
que da soporte a la electrónica de potencia necesaria para la alimentación de los LEDs. La
segunda placa electrónica (4), por tanto, estará eléctricamente conectada a la primera placa
electrónica (3).

15

El módulo (24) de control se fija encima del módulo (23) de potencia de un modo similar a los
descritos anteriormente. El módulo (24) de control está formado por una placa horizontal,
(242) de forma y tamaño equivalentes a la forma de la placa (211) del módulo (21) de
muestras, y cuatro tramos de columna (243) que sobresalen hacia debajo de las esquinas de
20 dicha placa (242). Las caras inferiores de los tramos de columna (243) tienen unos orificios
complementarios con unos vástagos o tetones ubicados en la cara superior de las columnas
que conforman el módulo (23) de potencia, de modo que la fijación entre ambos módulos se
realiza simplemente encajando cada tetón en el interior del correspondiente orificio. Además,
en una zona inferior de los tramos de columna (243), en las caras inferiores enfrentadas de
25 sendos pares de tramos de columna (243) hay una ranura (243) horizontal configurada para
recibir una tercera placa electrónica (5). La tercera placa electrónica (5) está conectada
eléctricamente a la segunda placa electrónica (4) y a una interfaz de usuario (no mostrada en
las figuras), y dispone de la electrónica de control necesaria para controlar el funcionamiento
de los LEDs ubicados en la primera placa electrónica (3).

30

Por último, se describe a continuación haciendo referencia a la Fig. 8 la disposición concreta
que adoptan los LEDs en la cara inferior de la primera placa electrónica (3). Como se ha
comentado, la distancia entre la cara inferior de la primera placa electrónica (3) y la muestra,
que estará apoyada sobre la cara superior del soporte (6) de muestras y centrada de acuerdo
35 con las marcas (62), será de 5 cm.

En esas condiciones, para asegurar una clase AAA del simulador, los LEDs se disponen en una porción cuadrada de 50 mm de lado de la primera placa (3) electrónica. Esta porción cuadrada está dividida en una malla de cuadrículas iguales de 10 x 10, donde cada cuadrícula se denomina $C_{x,y}$, siendo x la fila e y la columna. La Fig. 8 muestra la ubicación de cada uno de los LEDs en esta porción cuadrada, donde los LEDs están clasificados en 14 tipos de acuerdo con su longitud de onda de pico de emisión. A continuación, se describen con mayor detalle sus características, que incluyen: longitud de onda de pico de emisión, anchura espectral a altura mitad (FWHM), ángulo de visión, y potencia máxima:

- 5
- 10
 - LED de tipo 1: 367 nm, 10 nm, 130°, 1,2 W.
 - LED de tipo 2: 385 nm, 10 nm, 120°, 1,2 W.
 - LED de tipo 3: 400 nm, 12 nm, 138°, 1 W.
 - LED de tipo 4: 451 nm, 20 nm, 120°, 1 W.
 - LED de tipo 5: 465 nm, 24 nm, 120°, 0,7 W.
- 15
 - LED de tipo 6: 521 nm, 16 nm, 120°, 1,2 W.
 - LED de tipo 7: 540 nm, 65 nm, 120°, 1 W.
 - LED de tipo 8: 567 nm, 100 nm, 125°, 1 W.
 - LED de tipo 9: 593 nm, 16 nm, 150°, 0,8 W.
 - LED de tipo 10: 625 nm, 16 nm, 120°, 0,75 W.
- 20
 - LED de tipo 11: 650 nm, 90 nm, 120°, 1 W.
 - LED de tipo 12: 730 nm, 30 nm, 120°, 1 W.
 - LED de tipo 13: 855 nm, 35 nm, 130°, 1 W.
 - LED de tipo 14: 945 nm, 45 nm, 130°, 0,8 W.

25 Como se ha comentado con anterioridad, esta distribución concreta permite asegurar una clase AAA en una superficie de 1 cm² de la muestra centrada según las marcas (62) del soporte (6) de muestras.

REIVINDICACIONES

1. Simulador solar (1) de bajo coste para la caracterización de fotodetectores y células solares, caracterizado por que comprende:

5 a) un bastidor (2) de forma esencialmente paralelepípedica que está formado por:

- un módulo de muestras (21) para recibir una muestra de fotodetector o célula solar soportada en un soporte (6) de muestras,

10 - un módulo de iluminación (22) acoplable al módulo de muestras (21), donde el módulo de iluminación (22) comprende una primera ranura (221) horizontal de recepción,

- un módulo de potencia (23) formado por cuatro columnas verticales cuyo extremo inferior es acoplable a las esquinas del módulo de iluminación (22), donde unas caras interiores de las columnas verticales comprenden una segunda ranura (231) horizontal de recepción, y

15 - un módulo de control (24) acoplable a unos extremos superiores de las columnas verticales del módulo de potencia (23), donde el módulo de control (24) comprende una tercera ranura (241) horizontal de recepción;

20 b) una primera placa electrónica (3) alojada en la primera ranura (221) horizontal de recepción, donde la primera placa electrónica (3) comprende un panel de LEDs orientados verticalmente hacia abajo;

c) una segunda placa electrónica (4) alojada en la segunda ranura (231) horizontal de recepción y conectada eléctricamente a la primera placa (3) electrónica, donde la segunda placa electrónica (4) comprende electrónica de potencia para el accionamiento de los LEDs de la primera placa electrónica (2); y

25 d) una tercera placa electrónica (5) alojada en la tercera ranura (241) horizontal de recepción y conectada a la segunda placa electrónica (4) y a una interfaz de usuario, donde la tercera placa electrónica (5) comprende electrónica de control para controlar el funcionamiento de los LEDs en función de los requerimientos del usuario.

30 2. Simulador solar (1) de acuerdo con la reivindicación 1, donde la distancia entre la primera placa (3) electrónica y la muestra es de 5 cm y donde, en una porción cuadrada de 50 mm de lado de la primera placa (3) electrónica donde se encuentran los LEDs y que está dividida en una malla de cuadrículas iguales de 10 x 10, donde cada cuadrícula se denomina $C_{x,y}$, siendo x la fila e y la columna, los LEDs están situados en las siguientes posiciones:

35 - 1 LED de 367 nm ubicado en la posición $C_{9,8}$

- 1 LED de 385 nm ubicado en la posición $C_{2,8}$

- 2 LEDs de 400 nm ubicados en las posiciones C_{4,5} y C_{7,5}
 - 2 LEDs de 451 nm ubicados en las posiciones C_{4,3} y C_{7,3}
 - 2 LEDs de 465 nm ubicados en las posiciones C_{2,5} y C_{9,5}
 - 2 LEDs de 521 nm ubicados en las posiciones C_{3,4} y C_{8,4}
 - 5 - 4 LEDs de 540 nm ubicados en las posiciones C_{1,1}, C_{1,10}, C_{10,1}, y C_{10,10}
 - 2 LEDs de 567 nm ubicados en las posiciones C_{2,6} y C_{9,6}
 - 2 LEDs de 593 nm ubicados en las posiciones C_{4,6} y C_{7,6}
 - 2 LEDs de 625 nm ubicados en las posiciones C_{3,7} y C_{8,7}
 - 4 LEDs de 650 nm ubicados en las posiciones C_{2,2}, C_{2,9}, C_{9,2}, y C_{9,9}
 - 10 - 4 LEDs de 730 nm ubicados en las posiciones C_{4,8}, C_{4,9}, C_{7,8}, y C_{7,9}
 - 2 LEDs de 855 nm ubicados en las posiciones C_{2,3} y C_{9,3}
 - 4 LEDs de 945 nm ubicados en las posiciones C_{3,2}, C_{4,2}, C_{7,2}, y C_{8,2}
3. Simulador solar (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
15 donde el módulo de muestras (21) comprende una placa inferior (211) en forma de paralelogramo de cuyos bordes emergen verticalmente unas paredes perimetrales (212).
4. Simulador solar (1) de acuerdo con la reivindicación 3, donde la placa inferior (211) del
20 módulo de muestras (21) comprende además un saliente (213) configurado para introducirse en una cavidad (61) complementaria de una cara inferior del soporte (6) de muestras.
5. Simulador solar (1) de acuerdo con la reivindicación 4, que además comprende el
25 soporte (6) de muestras, donde dicho soporte (6) de muestras comprende la cavidad (61) complementaria en su cara inferior y una marca (62) en su cara superior para indicar el punto central de irradiancia que sirve como referencia para el posicionamiento de la muestra a medir.
6. Simulador solar (1) de acuerdo con la reivindicación 5, que además comprende
dispositivo elevador configurado modificar la altura del soporte (6) de muestras.
- 30 7. Simulador solar (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el módulo de iluminación (22) comprende cuatro paredes (222) dispuestas formando un paralelogramo en cuya porción superior está situada la primera ranura (221) horizontal de recepción.
- 35 8. Simulador solar (1) de acuerdo con la reivindicación 7, donde la cara inferior del módulo de iluminación (22) comprende unos elementos de acoplamiento complementarios con unos elementos de acoplamiento ubicados en la cara superior de las paredes perimetrales (212)

del módulo de muestras (21).

9. Simulador solar (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la cara inferior de las cuatro columnas verticales del módulo de potencia (23) comprenden unos elementos de acoplamiento complementarios con unos elementos de acoplamiento ubicados en la cara superior de las paredes (222) del módulo de iluminación (22).
10. Simulador solar (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el módulo de control (24) comprende una cubierta (242) plana con forma de paralelogramo de cuyas esquinas emergen verticalmente hacia abajo unos tramos de columna (243).
11. Simulador solar (1) de acuerdo con la reivindicación 10, donde la cara inferior de los tramos de columna (243) del módulo de control (24) comprende unos elementos de acoplamiento complementarios con unos elementos de acoplamiento ubicados en las caras superiores de las cuatro columnas verticales del módulo (23) de potencia.
12. Simulador solar (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8-11, donde los elementos de acoplamiento de los módulos de muestras (21), iluminación (22), potencia (23), y control (24) comprenden salientes y cavidades configuradas para encajar a presión.
13. Simulador solar (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde los módulos de muestras (21), iluminación (31), potencia (41), y control (51) son fabricables mediante impresión 3D.
14. Simulador solar (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el bastidor (2) tiene un tamaño de 160 mm de ancho, 160 mm de largo y 267 mm de alto.

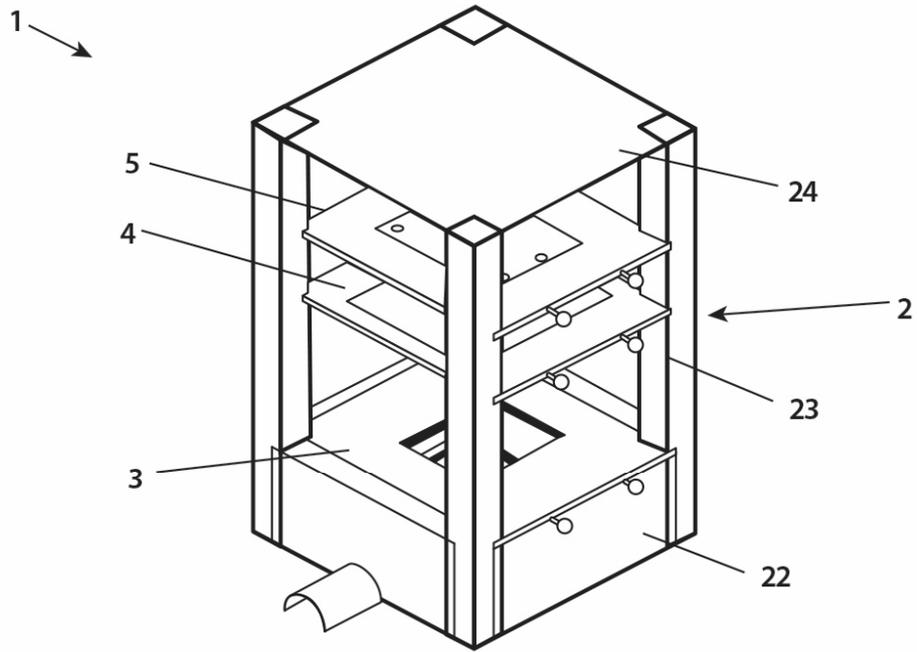


FIG. 1

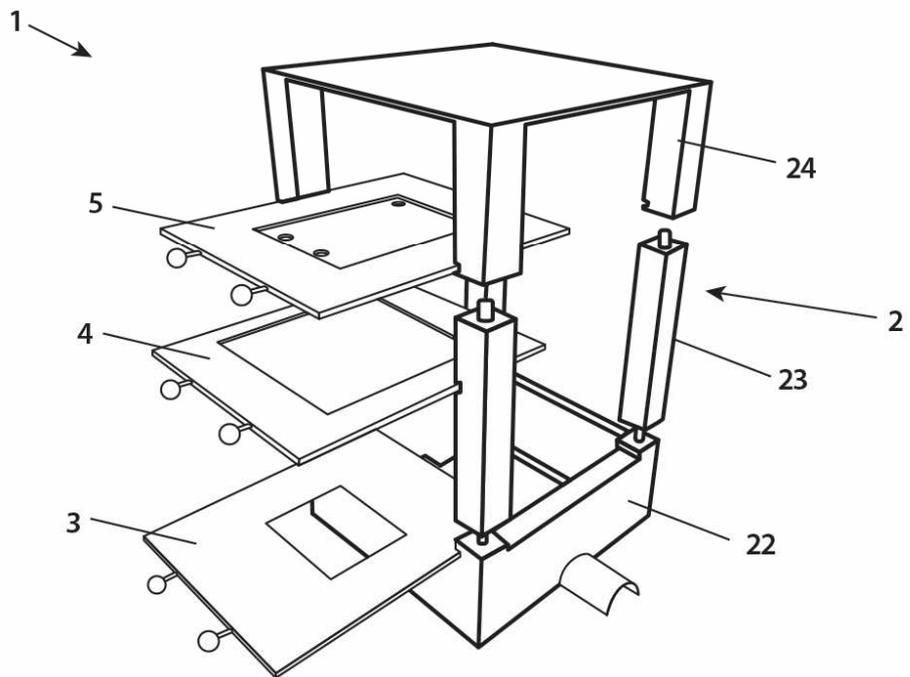


FIG. 2

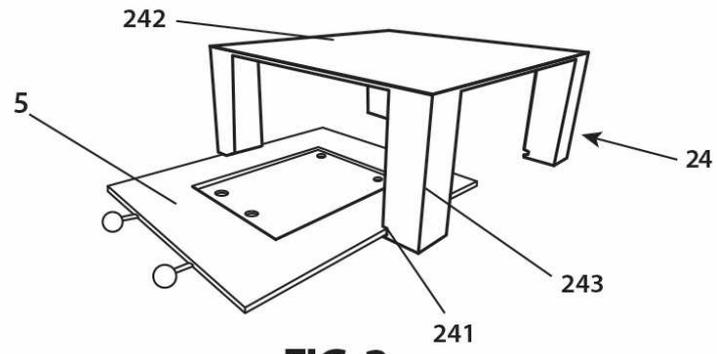


FIG. 3

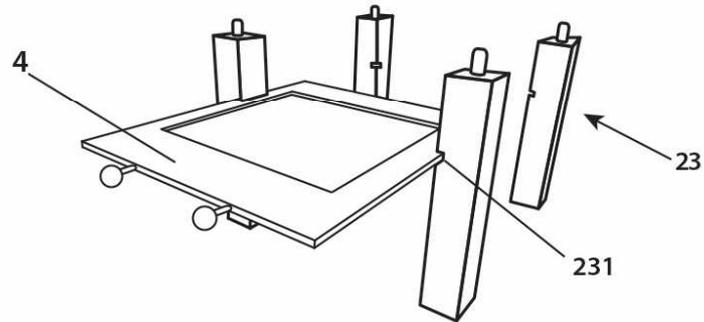


FIG. 4

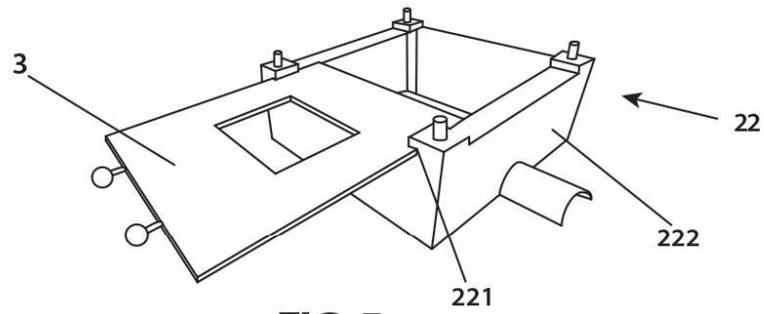


FIG. 5

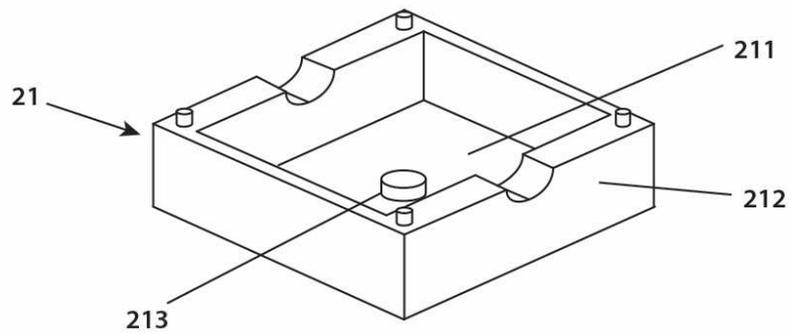


FIG. 6

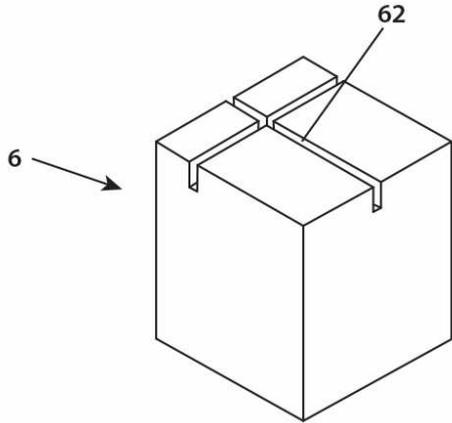


FIG. 7a

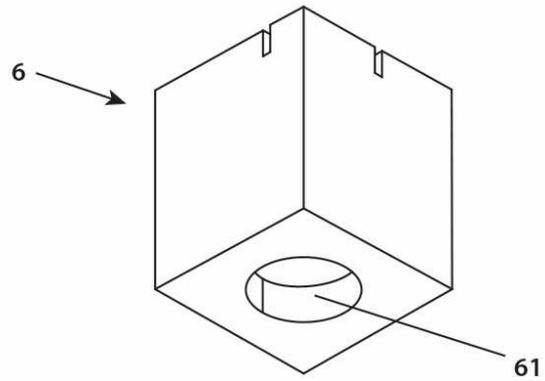


FIG. 7b

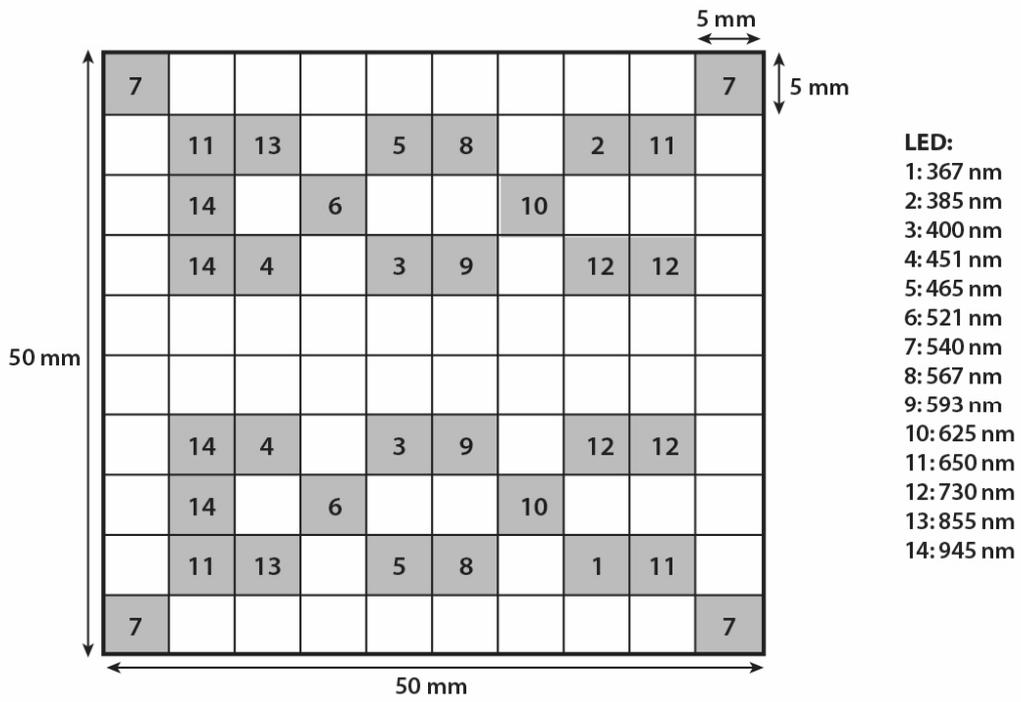


FIG. 8