

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 819 052**

21 Número de solicitud: 202031019

51 Int. Cl.:

G01J 3/28 (2006.01)

G03B 3/00 (2011.01)

G03B 5/00 (2011.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN

B2

22 Fecha de presentación:

07.10.2020

43 Fecha de publicación de la solicitud:

14.04.2021

Fecha de concesión:

26.01.2022

45 Fecha de publicación de la concesión:

02.02.2022

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
(100.0%)**

**AVENIDA DE SÉNECA, 2
28040 MADRID (Madrid) ES**

72 Inventor/es:

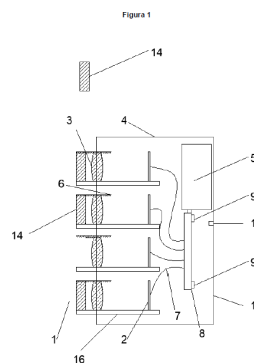
**ÁLVAREZ FERNÁNDEZ-BALBUENA, Antonio;
BERNÁRDEZ VILABOA, Ricardo;
VÁZQUEZ MOLINÍ, Daniel;
MAYORGA PINILLA, Santiago y
GÓMEZ MANZANARES, Ángela**

54 Título: **CÁMARA MULTI O HIPERESPECTRAL PARA MANTENER EL AUMENTO LATERAL AJUSTANDO EL ENFOQUE**

57 Resumen:

Cámara multi o hiperespectral para mantener el aumento lateral ajustando el enfoque que incluye, en una caja (4) al menos 4 sensores (2), una lente (3) por cada sensor (2), un filtro (14) pasa banda externa para cada sensor (2), una matriz de calibración, una batería (5) para proporcionar energía, cintas (7) normalizadas para el envío de información a un microchip (8), un motor (16) para cada sensor (2) de manera que el sensor(2), la lente (3) y el filtro (14) pasa banda se mueven al unísono para realizar el enfoque manteniendo el aumento lateral, donde se denomina cámara multiespectral la que incluye entre 4 y 15 sensores (2) y cámara hiperespectral la que incluye, al menos, 16 sensores (2).

Estas cámaras con matriz de filtros externos son útiles para registrar en un solo dispositivo optoelectrónico múltiples espectros emitidos o reflejados por un objeto o fuente de luz, con opción de fabricarla como estructura universal gracias a utilizar las dimensiones y características propias de una cámara convencional.



Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 41 LP 24/2015. Dentro de los seis meses siguientes a la publicación de la concesión en el Boletín Oficial de la Propiedad Industrial cualquier persona podrá oponerse a la concesión. La oposición deberá dirigirse a la OEPM en escrito motivado y previo pago de la tasa correspondiente (art. 43 LP 24/2015).

ES 2 819 052 B2

DESCRIPCIÓN

Cámara multi o hiperespectral para mantener el aumento lateral ajustando el enfoque

5 **SECTOR DE LA TÉCNICA**

La presente invención se encuadra en el sector de los dispositivos de adquisición de imágenes múltiples. Más concretamente se refiere al sector de las cámaras multiespectrales e hiperespectrales.

10

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Las imágenes multiespectrales e hiperespectrales se desarrollaron en un primer momento para adquirir imágenes remotas, en los campos de las investigaciones planetarias y la astronomía. Posteriormente, se les ha dado múltiples aplicaciones en biología, medicina, química, clasificación de objetos en distintos sectores industriales y control de calidad. Uno de los ámbitos donde más se utilizan es la ingeniería agrícola, mediante sistemas GIS (*geographical information systems*), donde el tratamiento de estos datos permite obtener valores de los cultivos como humedad, posibles enfermedades, etc. Otro sector en el que se les ha encontrado aplicación es el estudio y conservación del patrimonio cultural porque, al ser imágenes no invasivas, pueden utilizarse sobre cualquier objeto, por muy frágil que sea, obteniéndose datos de gran interés.

25 Actualmente se utilizan cámaras multiespectrales e hiperespectrales para la obtención de imágenes espectrales de diferentes objetos. Las imágenes espectrales reproducen el objeto en función de la longitud de onda que esté reflejando ese objeto, como estas cámaras emiten en diferentes longitudes de onda, se obtienen conjuntos de imágenes del objeto, cada una de ellas debida a una diferente longitud de onda. Con estas imágenes espectrales se puede generar un cubo de datos espectral pixel a pixel para analizar los diferentes comportamientos de una muestra frente a las diferentes longitudes de onda.

35 La diferencia entre una cámara multiespectral y una cámara hiperespectral no está claramente definida y depende, en gran medida, del campo de aplicación y del número

de imágenes espectrales que pueden tomar. Para algunos autores el límite está en 15 imágenes, para otros en 20.

5 Para la selección de una banda de detección concreta en el detector de la cámara multi o hiperespectral, es frecuente el uso de filtros pasa-banda de perfil estrecho. Una correcta selección de la matriz de filtros permite obtener una imagen espectral conforme a las necesidades de la muestra a analizar.

10 Debido al interés de este tipo de cámaras y a la diversidad de campos técnicos donde pueden aplicarse, se ha desarrollado un elevado número de dispositivos.

15 En ES2524354T3 se describe un sistema de cámara digital con, al menos, dos cámaras digitales independientes, con un elemento de filtro de color y un procedimiento para determinar desviaciones de los tiempos de exposición y/o de las cantidades de luz captadas entre las, al menos, dos cámaras digitales independientes del sistema de cámara digital. También recoge un procedimiento para restablecer un balance de color para un sistema de cámara digital.

20 La patente ES2344888T3 se refiere a una cámara modular hiperespectral de formación de imágenes térmicas que comprende una ranura de entrada formada por una perforación transparente en un entorno muy reflectante, una lente telecéntrica de formación de imágenes para crear imágenes de forma telecéntrica con la luz sobre la ranura y un detector para detectar la luz de la formación de imágenes, comprendiendo además un colimador telecéntrico que tiene una lente esférica negativa y una lente
25 híbrida positiva esférica y difractiva y está colocado entre la ranura y el detector, una rejilla transmisiva de difracción entre el colimador y el detector, y una lente de enfoque entre la rejilla transmisiva de difracción y el detector para enfocar la luz de la formación de imágenes sobre el detector, estando adaptada la lente de enfoque para proporcionar rayos telecéntricos de imagen, formando de ese modo una imagen en el detector.

30

La patente US7149366B1 es un sistema compacto de imágenes hiperespectrales de alta definición (HDHIS) para la teledetección en aviones ligeros para realizar imágenes hiperespectrales de barrido e imágenes fotográficas de alta resolución. El HDHIS comprende un cabezal sensor que tiene un escáner hiperespectral y una cámara digital
35 CCD. Una computadora en el aire interactúa con el cabezal del sensor para proporcionar

adquisición de datos, incluidas imágenes de visualización rápida hiperespectral y funciones de control. Una realización alternativa incluye combinar el HDHIS con un sistema computarizado de imágenes de cámaras múltiples en el aire (CAMIS) que comprende cuatro cámaras de exploración progresiva (CCD) conectadas a un conjunto
 5 de filtros de interferencia intercambiables, para proporcionar un sistema de imágenes de espectro triple que puede ser operado por una persona en una avioneta.

La solicitud de patente US201403200611 A1 describe una unidad de visualización multiespectral de múltiples cámaras, que incluye una unidad de visualización, un
 10 conjunto de cámaras y una unidad de procesamiento de integración de imágenes. En algunas realizaciones, la matriz de cámaras está configurada de tal manera que al menos una cámara está ubicada en cada uno de los dos o más lados de la unidad de visualización. En algunas realizaciones, cada cámara comprende un sensor de imagen en color o un generador de imágenes multiespectrales.

15 La patente US2019273850A1 consiste en métodos, sistemas y aparatos para una cámara pleóptica hiperespectral. Una cámara hiperóptica hiperespectral puede configurarse con un filtro en el plano de apertura de la cámara. El filtro puede transmitir selectivamente las longitudes de onda radiadas a una matriz de microlentes, que puede
 20 enfocar y transmitir las longitudes de onda a un sensor de imagen basado, por ejemplo, en la ubicación e intensidad de las longitudes de onda. Se pueden configurar una o más lentes y/o un iris para recolectar, enfocar y o transmitir longitudes de onda hacia y desde el filtro. El filtro puede ubicarse entre dos lentes, y la distancia entre las dos lentes puede basarse en un diámetro de una abertura de la cámara pleóptica.

25 La patente US10574911B2 consiste en un compuesto de lente para conectar a una montura de lente intercambiable de una cámara digital que tiene un solo sensor de imagen, el compuesto de lente incluye un cuerpo; un anillo de conexión de montura única montado en el cuerpo para conectar a la montura de la lente de la cámara digital;
 30 al menos dos lentes de longitud focal sustancialmente idéntica montadas en el cuerpo; y un filtro de paso de banda único o múltiple diferente asociado con cada una de las lentes, que permite el paso de al menos una banda visible y una banda no visible, seleccionada del grupo que consiste en bandas infrarrojas cercanas y bandas de luz ultravioleta, a través de los filtros al sensor; en donde las lentes son de un campo de
 35 visión sustancialmente idéntico y un círculo de imagen sustancialmente idéntico en un

plano del sensor del sensor de imagen.

En CN208223641U se describe un sistema de imágenes hiperespectrales, caracterizado porque el sistema incluye: un módulo de imágenes hiperespectrales, un
 5 módulo de control y un motor; el módulo de imágenes hiperespectrales incluye: un lente objetivo y un detector, y el detector está recubierto en el plano de la imagen. Los filtros con diferentes longitudes de onda de transmisión están dispuestos de manera radial en el plano de la imagen desde el centro hasta el borde del plano de la imagen; el módulo de control y el detector están conectados respectivamente al motor, el módulo de control
 10 se utiliza para controlar el funcionamiento del motor, de modo que el motor acciona el detector para rotar y escanear el objeto diana con su centro como eje para obtener múltiples bandas de ondas diferentes de la imagen hiperespectral del objeto diana.

Un problema técnico que aún no está resuelto en el estado de la técnica está
 15 relacionado con el enfoque, concretamente con el enfoque de superficies que son casi planas como podría ser el caso de un cuadro. Un cuadro clásico puede tener una diferencia de relieve de hasta 5 cm, a simple vista no se observa, pero medidas realizadas en el Guernica de Picasso relevaron que hay zonas con diferencias de distancia hasta 3cm. Cuando enfocamos cada uno de los detectores por el medio clásico
 20 empleando el enfoque de objetivo, la relación de aumento lateral se define por:

$$\beta' = \frac{s'}{s}$$

donde s' es la distancia imagen y s la distancia objeto por ello, al cambiar la distancia objeto s, cambia el aumento lateral y la imagen tiene mayor tamaño con lo que la calibración no es correcta. La presente invención presenta un sistema que mantiene el
 25 aumento lateral de todos los sensores por lo que la calibración es correcta con pequeñas variaciones de profundidad de la imagen.

EXPLICACIÓN DE LA INVENCION

30 Cámara multi o hiperespectral para mantener el aumento lateral ajustando el enfoque.

En esta memoria descriptiva, por cámara multiespectral se entiende la que puede detectar entre 4 y 15 imágenes espectrales y por cámara hiperespectral la que detecta 16 o más imágenes espectrales.

35

Un aspecto de la presente invención se refiere a una cámara multi o hiperespectral que incluye, en una carcasa o caja:

- al menos 4 sensores,
- una lente por cada sensor, conformando un bloque sensor-lente,
- 5 - un filtro pasa banda externo para cada sensor,
- una matriz de calibración,
- una batería para proporcionar energía,
- cintas normalizadas para el envío de información a un microchip,
- un motor para cada sensor de manera que el sensor, la lente y el filtro se
- 10 mueven al unísono para realizar el enfoque.

En el caso de que sea una cámara multiespectral, incluirá entre 4 y 15 sensores y, en el caso de que sea una cámara hiperespectral, incluirá al menos 16 sensores.

- 15 Los sensores se pueden elegir, preferentemente, entre CMOS y CCD y, en una realización preferida, los filtros se pueden quitar o cambiar por otros filtros en función de las necesidades, son filtros removibles y/o intercambiables.

Cada conjunto sensor, lente y filtro registra una imagen. Estas imágenes tienen un tamaño predeterminado en la calibración que se hace a una distancia concreta. Si la imagen varía de tamaño en el sensor, la calibración deja de ser válida. Por ello, la presente invención incluye un motor solidario que mueve el conjunto sensor, lente y filtro para mantener el enfoque. La figura 3 consta de una lente positiva, donde se observan las focales objeto (F) y la focal imagen (F') de la misma, además se indica la distancia d que corresponde al desplazamiento. Asimismo, se observa en la misma la representación del objeto como y junto con su imagen denominada y'. En la figura 3 se muestra qué sucede si un objeto y se desplaza una distancia d: sucede que la imagen y' se desplaza una distancia determinada por la ecuación de Gauss y pasa a ser y'_d. Al pasar a ser y'_d aumenta de tamaño la imagen, cambiando el aumento lateral, aparte de que queda desenfocada. El enfoque convencional consiste en mover la lente respecto al sensor, pero esto cambia las relaciones distancia objeto e imagen y cambia el aumento lateral, con lo que se enfoca pero hay cambio de tamaño de la imagen. Si desplazamos la lente, el filtro y el sensor una distancia igual a d (figura 3B), en el conjunto filtro, lente y sensor el aumento lateral β' se mantiene por lo que la imagen es de igual tamaño y está enfocada. Para ello, la invención incluye un motor para cada

20

25

30

35

conjunto sensor-lente-filtro, de manera que el sensor y la lente se mueven a la vez para hacer el enfoque; de esta manera se puede enfocar y dejar el aumento lateral igual en todos los conjuntos sensor-lente-filtro.

- 5 En esta memoria descriptiva, se entiende por aumento lateral el cociente entre la altura (tamaño vertical) de la imagen y' y la altura del objeto y .

Estas cámaras con matriz de filtros externos son útiles para registrar en un solo dispositivo optoelectrónico múltiples espectros emitidos o reflejados por un objeto o
10 fuente de luz, con opción de fabricarla como estructura universal gracias a utilizar las dimensiones y características propias de una cámara convencional.

Este tipo de cámaras multi e hiperespectrales tiene aplicación en:

- la toma de imágenes
- 15 - la toma de vídeos en tiempo real
- la medida de la reflectancia en 3D
- la estimación del relieve y la deformación 3D de la superficie medida
- el enfoque y el mantenimiento del aumento lateral de cada cámara de manera que las imágenes no cambian en distintos enfoques, siendo válido para
20 enfoques en un rango determinado ± 10 cm aprox., por lo que resulta muy útil para cuadros que no son totalmente planos.

Son de especial relevancia en campos técnicos donde se requiera una elevada capacidad de resolución en objetos con pequeñas variaciones geométricas. Por
25 ejemplo, pueden ser de gran utilidad en ámbitos como la conservación del patrimonio artístico, la historia del arte y la arqueología. Por ejemplo, se puede identificar la utilización de distintas composiciones de los materiales dentro de la misma obra de arte, la utilización de distintos pigmentos o detectar intervenciones de conservación realizadas en épocas anteriores, entre otras muchas opciones.

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
35 integrante de dicha descripción un juego de dibujos en donde con carácter ilustrativo y

no limitativo, se ha representado lo siguiente:

Figura 1.- Cámara hiperespectral (1) constituida por 16 sensores (2) con lentes (3) adheridos a una caja (4) rígida. Tiene una batería (5). La cámara con matriz de filtros
5 externos (1) se enrosca a la rosca (6) de la caja (4). Motor (16) desplazador solidario con filtro, lente y sensor. Vista esquemática en sección.

Figura 2.- Cámara hiperespectral (1). Vista esquemática frontal.

10 Figura 3. Trazado esquemático de rayos para explicar el enfoque manteniendo el aumento lateral igual al de la calibración.

A continuación, se proporciona una lista de los distintos elementos representados en las figuras que integran la invención:

- 15 1 = cámara hiperespectral
- 2 = sensor
- 3 = lente
- 4 = caja
- 5 = batería
- 20 6 = rosca
- 7 = cinta
- 8 = microchip
- 9 = tornillos
- 10 = orificios
- 25 11 = superficie trasera
- 12 = pupila de entrada circular
- 13 = Tapa con agujeros
- 14 = filtros
- 15 = cableado
- 30 16 = motor

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

La presente invención se ilustra mediante los siguientes ejemplos que no pretenden ser
35 limitativos de su alcance.

Ejemplo 1.

Se elaboró una cámara con 16 sensores (2) CMOS Sony IMX219 de 3280x2464 píxeles y 16 lentes (3) de distancia focal 3.6 mm, incluidos en una caja (4) compacta. Se incluyeron filtros (14) pasa banda de 380 a 780 nm espaciados 25 nm entre ellos empezando con el FB380-10 y acabando en el FB800-40, de la casa Thorlabs, con ancho espectral FWHM entre 10 a 40 nm. Como se muestra en la figura 1, los filtros pasa banda son removibles e intercambiables.

10

La cámara se diseñó con 16 motores (16) (HANPOSE HPV4 con motor paso a paso 17HS3401S) de accionamiento individual, estos motores (16) tienen un recorrido lineal de 10 cm. Cada motor puede desplazar solidaria e individualmente el conjunto filtro (14), lente (3) y sensor (2) con una precisión de 1mm. Este desplazamiento es independiente para cada conjunto por lo que permite el enfoque correcto de cada sensor (2) en el rango de desplazamiento indicado. Para determinar el desplazamiento necesario del motor (16) se analizan las imágenes obtenidas en cada conjunto sensor-lente y se realiza un desplazamiento automatizado adelante y atrás con toma de imagen, este microdesplazamiento permite, mediante un procesado de las imágenes, determinar la dirección correcta de desplazamiento del motor (1) para un enfoque correcto. Este ciclo es reiterativo hasta conseguir el mejor enfoque, se trata de un sistema de enfoque por detección de contraste que no necesita elementos adicionales a los dispuestos en el sistema, entendiendo por sistema el conjunto de la cámara hiperespectral.

15

Cada conjunto filtro+sensor+lente se ha enfocado de forma manual previamente a una distancia determinada que será la distancia de funcionamiento del sistema +- la distancia de desplazamiento de los motores (16), asimismo se han calibrado individualmente para obtener la matriz de calibración. Esta matriz de calibración incluye un factor $k1(n,px,py)$ para la luminancia de cada posición de los píxeles y un factor $k2(n,px,py)$ para las deformaciones geométricas, donde n es el número del sensor (2) y px, py son las posiciones de cada pixel individual.

20

Para la caja (4) se utilizó políácido láctico (PLA), un material plástico rígido biodegradable, en color oscuro. La caja (4), además, incluía una batería (5), en un elemento porta baterías, de 5V y 8000 mA para proporcionar energía al sistema. Se

25

utilizaron cintas (7) normalizadas para el envío de información a un microchip (8) de un tamaño de 100 mm de ancho x 100 mm de alto y 6 mm de profundidad. En la parte frontal de la caja (figura 2) se incluyó una tapa (13) con agujeros; esta parte frontal se cerró con la superficie trasera (11) mediante tornillos (9). Estos tornillos (9) tienen unas
5 dimensiones de 30 mm de largo y 10 mm de ancho y se pasan por los orificios (10) dispuestos en la superficie trasera (11) de la caja (4).

En este ejemplo se utilizó un modelo de pupilas de entrada circulares (12) de un diámetro de 10 mm, realizadas en la tapa (13) con agujeros que se fabricó con el mismo
10 material que la caja (4), de apertura fácil a presión con pinzas para el intercambio de los filtros (14) de diámetro de 9.8 mm y ajustables mediante una rosca (6). En la esquina inferior de la caja (4) se situó una salida para carga de la batería (5), así como el cableado de control (15) necesario.

15

REIVINDICACIONES

1. Cámara multi o hiperespectral para mantener el aumento lateral ajustando el enfoque que incluye, en una caja (4):

- 5 - al menos 4 sensores (2),
- una lente (3) por cada sensor (2),
- un filtro (14) pasa banda externa para cada sensor (2),
- una matriz de calibración,
- una batería (5) para proporcionar energía,
- 10 - cintas (7) normalizadas para el envío de información a un microchip (8),
- un motor (16) para cada sensor (2) de manera que el sensor (2), la lente (3) y el filtro (14) pasa banda se mueven al unísono para realizar el enfoque manteniendo el aumento lateral,

donde se denomina cámara multiespectral la que incluye entre 4 y 15 sensores (2) y

15 cámara hiperespectral la que incluye, al menos, 16 sensores (2).

2. Cámara según la reivindicación 1 en la que los sensores (2) se seleccionan entre CCD y/o CMOS.

20 3. Cámara según cualquiera de las reivindicaciones anteriores en la que los filtros (14) pasa banda son intercambiables y/o removibles.

Figura 1

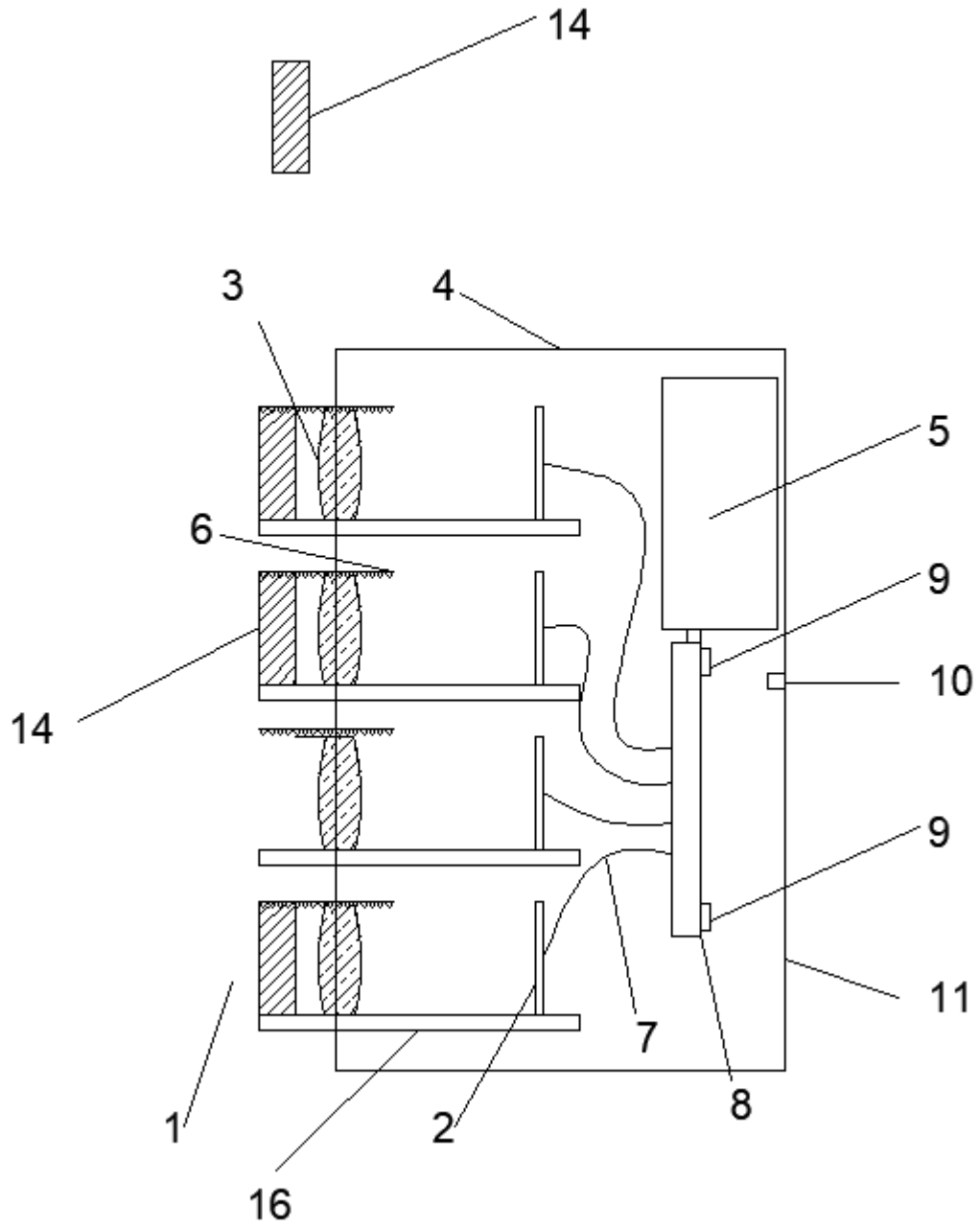


Figura 2

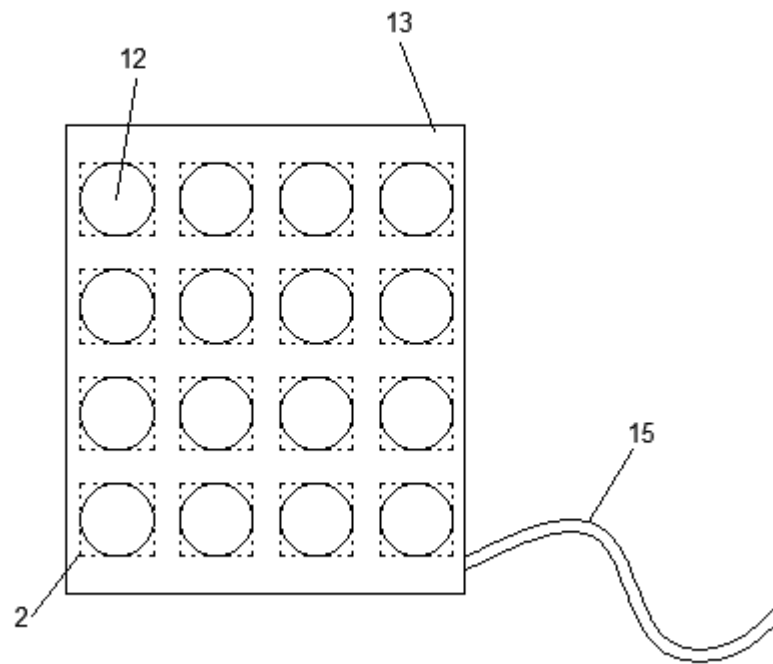


Figura 3

