

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 812 225**

51 Int. Cl.:

**G02B 13/14** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.06.2016 PCT/IL2016/050628**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.12.2016 WO16203470**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.06.2016 E 16811137 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.05.2020 EP 3308209**

54 Título: **Aparato de obtención de imágenes multiespectrales**

30 Prioridad:

**15.06.2015 US 201562175450 P**  
**26.11.2015 US 201562260272 P**  
**05.01.2016 US 201662274810 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**16.03.2021**

73 Titular/es:

**AGROWING LTD (100.0%)**  
**11 Moshe Levi St**  
**7565828 Rishon Lezion, IL**

72 Inventor/es:

**DVIR, IRA**

74 Agente/Representante:

**VIDAL GONZÁLEZ, Maria Ester**

**ES 2 812 225 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

Aparato de obtención de imágenes multiespectrales

## 5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a cámaras, en general y, en particular, a un aparato de obtención multiespectrales para capturar imágenes multiespectrales.

## 10 Antecedentes de la invención

La obtención de imágenes multiespectral se usa en muchas aplicaciones y campos diferentes.

15 La Figura 1 muestra una cámara DSLR (Réflex de única lente digital) 1 convencional. Los sensores de CCD (Dispositivo de carga acoplada) y CMOS (Semiconductor de óxido de metal complementario) 3 de las cámaras DSLR y Mirrorless de grado de consumo actuales son sensibles a un "espectro completo", que generalmente es de aproximadamente 170 nm a 1150 nm. Esta sensibilidad de los sensores de CCD y CMOS excede la percepción humana, que se limita a la luz visible de aproximadamente 400 nm a 700 nm.

20 En algunas cámaras DSLR/Mirrorless con una montura de lente intercambiable 2, los sensores son sensibles al espectro de luz más allá de la percepción humana. Sin embargo, la mayoría de los fabricantes de cámaras usan un filtro de corte UVIR (no mostrado), que se instala delante del sensor, para bloquear que la luz infrarroja y ultravioleta "corrompa" las imágenes capturadas, que limita el paso de la banda de luz en el espectro visible (VIS) de aproximadamente 400 nm a 700 nm (el espectro de luz visible para el ojo humano).

25 En algunas cámaras DSLR/Mirrorless con una montura de lente intercambiable, el filtro de corte UVIR puede extraerse de la cámara, lo que permite que la cámara opere como una cámara de "espectro completo", que cubre longitudes de onda de luz que exceden mucho más la luz visible. Los sensores de CMOS más avanzados actuales son sensibles a la luz más allá de 1000 nm (NIR) y 200 nm (UV). La extracción del filtro permite la captura de tres bandas diferentes y distintivas del espectro mediante el uso de una única lente. Pueden instalarse filtros de paso de banda múltiples diferentes que permiten la captura de una de cuatro combinaciones de tres bandas: NIR o rojo y verde y azul o UV (NIR; G; B, NIR; G; UV, R; G; UV, R; G; B). El sensor típico de una cámara de consumo se basa en una matriz de Bayer, que significa que la disposición de los filtros de colores en la matriz de píxeles de un sensor de imágenes es de RGGGB. Tal disposición no permite capturar más de tres bandas distintivas del espectro de RGB, ya que no hay un modo eficiente para separar más de una única banda en la longitud de onda verde.

35 Las cámaras multiespectrales convencionales generalmente se fabrican a medida, y su alto costo presenta una barrera para muchos. Aun así, las cámaras multiespectrales montadas en drones se usan en la agricultura para capturar imágenes que proporcionan información útil a un agricultor que lo ayuda a mejorar el rendimiento de sus cultivos. Tales cámaras se usan además para el análisis médico por dentistas y dermatólogos, e incluso en el mundo de la cosmética. El arte existente varía, ya que existen unos cuantos tipos de tecnologías para cámaras multiespectrales:

1. Cámaras múltiples (cada cámara que adquiere una onda de luz de banda estrecha);
2. Cámara basada en prisma (única lente, sensores múltiples);
- 45 3. Cámara de filtro giratoria (única longitud focal, lapso de tiempo entre imágenes capturadas de longitudes de onda diferentes);
4. Sensor de colores múltiples basado en RGBU (Rojo Verde Azul UV) o cualquier otra captura de colores por el sensor (en cambio del típico RGGGB (Rojo Verde Verde Azul) de una matriz de filtro de colores de Bayer).

50 Se conocen bastantes soluciones de doble banda simplificada, que incluyen una banda visual (ancho de 400 nm a 700 nm) y una banda Cerca de infrarrojo, que usa dos cámaras sincronizadas, pero no pueden considerarse como multiespectrales. Las soluciones de 4 bandas convencionales, ya sean con base en un filtro giratorio, prisma o diseño de lentes múltiples, son de bastante baja calidad, debido a la baja resolución y la pobre alineación de canales de colores. Todos los tipos de cámaras multiespectrales detalladas anteriormente son muy caros y generalmente de baja resolución y calidad inferior cuando se comparan con las cámaras DSLR o Mirrorless de grado de consumo. Las soluciones de cámaras múltiples y lentes múltiples existentes presentan además grandes desafíos con respecto a la alineación de las matrices de colores diferentes y el enfoque de las imágenes capturadas. Cuando se usa un filtro giratorio, por ejemplo, es casi imposible corregir la aberración cromática, ya que la lente se fija, lo que hace imposible enfocar bandas de luz de Cerca de infrarrojo (NIR) y UV a través de la misma lente. Usar una cámara con tal filtro giratorio en un vehículo aéreo no tripulado (UAV) presenta otro desafío. Ya que las imágenes se capturan en tiempos diferentes y desde ángulos diferentes mientras el UAV vuela, una vuelta de tiempo de 33 ms entre las imágenes capturadas podría resultar en la diferencia de ~1 m en el punto de vista de la cámara, si el UAV vuela a 60 100 Kmph.

Un aparato multiespectral efectivo para el análisis agrícola debe incluir al menos 3 bandas de colores estrechas (canales) del espectro de luz: 550 nm; 650 nm o 740 nm; 850 nm o 950 nm y, preferentemente incluye 5 o 6 bandas de colores.

5 Los sensores de las cámaras de grado de consumo actuales, ya sean de CMOS o CCD, son capaces de capturar un espectro de luz bastante amplio, que es suficiente para muchas aplicaciones multiespectrales, tales como el NDVI (Índice de vegetación de diferencia normalizada) usado en la agricultura. Sin embargo, el sensor típico de una cámara de grado de consumo se basa en un sensor de matriz de Bayer, que significa que la disposición de los filtros de colores en la matriz de píxeles del sensor de imágenes es de RGGB. Para usar una cámara basada en el sistema de filtrado de Bayer para capturar 4, 5 o 6 canales, deben usarse inevitablemente dos cámaras. Combinar dos cámaras para este tipo de aplicación se conoce, y se llevó a cabo y publicó por el USDA en "An Airborne Multispectral Imaging System Based on Two Consumer-Grade Cameras for Agricultural Remote Sensing" <http://www.mdpi.com/2072-4292/6/6/5257>. Tal combinación es costosa y tiene bastantes desventajas.

10  
15 Algunos de los desafíos principales de la obtención de imágenes multiespectrales son la calibración y la alineación de píxeles de las matrices de colores diferentes, especialmente si estas se adquieren por cámaras diferentes. Aunque el tiempo de adquisición podría variar por solo pocas centésimas de un segundo, podría haber una brecha de decenas de centímetros en el punto de vista. El análisis de datos adquiridos a través de aplicaciones multiespectrales, que hacen uso de cámaras de movimiento rápido, tales como las cámaras llevadas por los UAV, usan métricas como NDVI o NDRE, que típicamente restan y/o dividen los valores de las matrices de colores entre sí ((NDVI = (NIR - VIS)/(NIR + VIS)). Por lo tanto, usar cámaras múltiples en tales aplicaciones es especialmente problemático, ya que las diferencias entre los puntos focales y la alineación imprecisa pueden conducir a un análisis falso de los datos.

20  
25 La alineación de las matrices de colores diferentes es uno de los problemas más esenciales que enfrentan los fabricantes de cámaras multiespectrales. Como se indicó anteriormente, las métricas NDVI y NDRE y similares implican un análisis de las diferencias entre las matrices de colores. La calibración de hardware de las cámaras o lentes, que capturan las matrices de colores diferentes, es precisa hasta un cierto punto, pero nunca puede ser precisa en píxeles cuando lidia con cámaras de alta resolución. Cuando lidia con cámaras con lentes poco efectivas, es incluso más desafiante alinear los canales de colores, que se adquieren por las cámaras diferentes. La alineación digital posterior a la adquisición de las matrices, con base en la métrica generalmente usada de diferencia mínima, podría ser perjudicial para el proceso, ya que la coincidencia digital (tal como implementar técnicas de estimación de movimiento global) se destina para alinear las matrices de colores diferentes en el punto de diferencia mínima entre tales matrices. Tales técnicas podrían minimizar o incluso disminuir realmente los datos más importantes, a saber, la diferencia entre las matrices.

30  
35 La adquisición de imágenes multiespectrales se usa además para el análisis médico por dentistas y dermatólogos, para el análisis de la piel, la inspección dental y más, e incluso en el mundo de la cosmética. Sin embargo, los dispositivos actuales en el mercado para estas implementaciones son además bastante caros y tienen dos inconvenientes importantes (en adición a su costo): peso y accesibilidad para el usuario. Los dispositivos actuales son caros en términos de consumidores y empresas pequeñas, ya que se fabrican a medida. Un aparato multiespectral efectivo para el análisis de la piel, el cabello y los dientes debe incluir al menos 3 bandas de colores estrechas (canales) del espectro de luz: 365 nm; 550 nm; 650 nm. Preferentemente, incluye 5 o 6 bandas de colores.

40  
45 La extracción del filtro de corte UVIR se usa a menudo para modificar la cámara a una cámara infrarroja o ultravioleta, para propósitos astronómicos, médicos o estéticos. Instalar un filtro de paso de banda múltiple en tal cámara de espectro tan completo puede permitir la captura de tres bandas distintivas, ya que el sensor que se usa en tales cámaras tiene, en la mayoría de los casos, una matriz de RGGB. Esto significa que los canales R, G y B (rojo verde azul) pueden capturarse de manera separada, pero no hay modo de capturar los canales rojo y cerca de infrarrojo de manera separada, ya que ambos se capturan por los mismos píxeles sensibles al rojo del sensor.

50  
55 Existen además soluciones para capturar imágenes en 3D mediante el uso de dos lentes con una cámara de único o doble sensor. Tal solución se desarrolló por Zeiss hace casi cien años y se desarrolló además una versión más nueva de tal solución por Panasonic alrededor de 2010, para el mercado de la electrónica de consumo (por lo que parecía ser el surgimiento de la TV 3D). Sin embargo, estas soluciones no lidian con los desafíos multiespectrales del equilibrio de la exposición, la aberración cromática y el enfoque alineado, ya que se basan en lentes idénticas y el ancho de banda espectral idéntico, donde tales problemas no surgen.

60  
65 Las plataformas móviles como los teléfonos inteligentes, o placas de procesamiento universales similares diseñadas para drones (tales como SnapDragon Flight de Qualcomm) podrían ser ideales en términos de precios, peso e integración con un procesador potente, como la base para un aparato de imágenes multiespectrales. Los sensores de los teléfonos inteligentes actuales son capaces de capturar un rango de luz bastante amplio, que es suficiente para muchas aplicaciones multiespectrales, tal como el NDVI (Índice de vegetación de diferencia normalizada) usado en la agricultura. Algunos de estos diseños (como el SnapDragon Flight) incluyen una única cámara, y en años recientes, proveedores como LG Electronics incluso diseñaron un teléfono inteligente de captura de imágenes en 3D, equipado con dos cámaras. Sin embargo, no hay un teléfono inteligente multiespectral disponible, ya sea para la

teledetección agrícola, o para el análisis de la piel, el cabello y los dientes. Esto es difícilmente sorprendente, ya que existen bastantes desafíos que requieren un enfoque innovador para permitir una modalidad eficiente de tal aparato ligero y compacto.

5 Sin embargo, el sensor típico de una cámara de consumo se basa en una matriz de Bayer, lo que significa que la disposición de los filtros de colores en la matriz de píxeles de un sensor de imágenes es de RGGB. Para usar una cámara basada en el sistema de filtrado de Bayer para 4, 5 o 6 canales, el uso de dos cámaras es inevitable. Combinar dos cámaras para este tipo de aplicación se conoce, y se llevó a cabo y publicó por el USDA en "An Airborne Multispectral Imaging System Based on Two Consumer-Grade Cameras for Agricultural Remote Sensing" <http://www.mdpi.com/2072-4292/6/6/5257>. Tal combinación no es práctica para los UAV ligeros y consumidores debido a su gran peso y costo.

15 Los mismísimos desafíos son relevantes para el análisis de la piel, donde en lugar de los canales VIS+NIR, los VIS+Cerca de UV se usan para la observación de la superficie y debajo de la piel. Los mismos desafíos de la aberración cromática y el enfoque surgen en esta implementación

20 Un desafío adicional para un teléfono inteligente o dispositivo móvil que analiza la piel es el tipo de lente. Para propósitos de análisis de la piel, una de las cámaras múltiples debería ser capaz de capturar una banda estrecha de 365 nm (pico). Las lentes de vidrio simples no permiten la transmisión de tal banda y debe usarse un material diferente, tal como el cuarzo fundido o la sílice fundida, para la lente NUV.

25 En consecuencia, hay una gran necesidad de un aparato de obtención de imágenes multiespectrales adecuado para su uso como una cámara de movimiento rápido o llevada por el UAV, o como un dispositivo de análisis de la piel, y sería muy deseable si tal cámara proporcionara la alineación de las matrices de colores diferentes y enfoque de las imágenes capturadas, todo a un costo relativamente bajo.

#### Resumen de la invención

30 La presente invención se refiere a un conjunto de lente de obtención de imágenes multiespectrales intercambiable para una cámara digital que tiene una montura de lente intercambiable. El conjunto de lente incluye un cuerpo que tiene un anillo de conexión de única montura y al menos dos lentes. Cada lente se coloca (preferentemente exactamente) delante del centro de la porción del sensor asociada con esa lente, de acuerdo con el número de lentes. Las lentes diferentes permiten el paso de una pluralidad, preferentemente al menos cuatro, bandas de luz diferentes del espectro desde IR a UV, por lo tanto se permite - mediante el uso de filtros de paso de banda - la   
35 detección de bandas seleccionadas de longitudes de onda definidas del espectro, seleccionadas de acuerdo con la aplicación. Las lentes son de un campo de visión sustancialmente idéntico y un círculo de imágenes similar (sustancialmente idéntico) en el plano del sensor. Las lentes son además de una longitud focal sustancialmente idéntica y se colocan ya sea a distancias desiguales desde el sensor, o una o más de las lentes incluyen un elemento óptico para corregir la aberración cromática, que se crea debido a las longitudes de onda diferentes de la   
40 luz que pasa a través de las lentes diferentes.

45 En particular, el conjunto de lente permite la captura de imágenes multiespectrales a través de lentes múltiples (dos o más), preferentemente mediante el uso de una montura de única lente estándar de la industria. El conjunto de lente mejora una única cámara digital equipada con un sensor de imágenes estándar (que preferentemente no tiene filtro de corte UVIR, y es sensible al espectro completo de luz de ~170 nm a ~1100 nm, como la mayoría de los sensores de CMOS o CCD modernos), que lo convierte en la cámara multiespectral de alta calidad, altamente sincronizada y alineada.

50 Por lo tanto, la invención actual permite capturar imágenes multiespectrales de cuatro a doce e incluso más bandas, a través de lentes múltiples (dos o más), mediante el uso de una montura de única lente con una única cámara digital equipada con un sensor de imágenes estándar. Además, la invención actual permite el uso óptimo de la superficie completa del sensor de la cámara, mientras que filtra partes superpuestas de las imágenes que se capturan por las lentes diferentes.

55 De acuerdo con la presente invención se proporciona un conjunto de lente para conectarse a una montura de lente intercambiable de una cámara digital que tiene un único sensor de imágenes, el conjunto de lente que incluye un cuerpo; un anillo de conexión de única montura montado en el cuerpo para conectarse a la montura de lente de la cámara digital; 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   
60 banda visible, y una banda no visible seleccionada del grupo que consiste en bandas de infrarrojo cercano y bandas de luz ultravioleta, a través de los filtros al sensor; en donde las lentes son de un campo de visión sustancialmente idéntico y un círculo de imágenes sustancialmente idéntico en un plano del sensor de la cámara.

65 Se proporciona además, de acuerdo con la invención, un método para capturar imágenes multiespectrales, el método que incluye capturar imágenes en un único sensor de imágenes a través de al menos dos lentes de longitud focal sustancialmente idéntica, en donde las lentes son de un campo de visión sustancialmente idéntico y un círculo

de imágenes sustancialmente idéntico en un plano del sensor; cada lente que se asocia con un filtro de paso de banda único o múltiple diferente; pasar al menos una banda visible, y al menos una banda no visible seleccionada del grupo que consiste en bandas de infrarrojo cercano y bandas de luz ultravioleta, a través de los filtros al sensor; y guardar las imágenes capturadas de las lentes múltiples en un único archivo de imágenes.

5 Se proporciona además, de acuerdo con la invención, una cámara multispectral que incluye: una cámara digital que tiene una montura de lente intercambiable, un obturador y un único sensor; y un conjunto de lente reemplazable que incluye: un cuerpo; un anillo de conexión de única montura montado en el cuerpo para conectarse a la montura de lente de la cámara digital; al menos dos lentes de una longitud focal sustancialmente idéntica montadas en el cuerpo, cada una de las lentes montada con su centro focal dispuesto delante del centro de su porción respectiva del sensor; 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 al menos una banda no visible seleccionada del grupo que consiste en bandas de infrarrojo cercano y bandas de luz ultravioleta, a través de los filtros al sensor; en donde las lentes son de un campo de visión idéntico y un círculo de imágenes sustancialmente idéntico en un plano del sensor de la cámara; y un anillo de conexión de única montura en el cuerpo para conectarse a la montura de lente del

La presente invención se refiere además a un método para proporcionar alineación digital posterior a la adquisición de al menos un par de imágenes digitales de un objeto, el método incluye la adquisición de imágenes digitales del objeto, almacenadas como matrices de colores, a través de cada una de al menos dos lentes de longitud focal sustancialmente idéntica, de campo de visión sustancialmente idéntico y círculo de imágenes sustancialmente idéntico en un plano del sensor de al menos un sensor, cada lente que se asocia con un filtro de paso de banda único o múltiple, de manera que cada lente captura una banda de luz similar a una banda de luz capturada por la otra lente y al menos una banda de luz diferente de las bandas de luz capturadas por la otra lente, dividir la matriz de colores que se capturó por la banda de luz similar de las imágenes de banda múltiples adquiridas por las lentes diferentes, y hacer coincidir las matrices de banda de luz sustancialmente idénticas de cada lente para la alineación digital posterior a la adquisición de las imágenes adquiridas por todas las lentes.

De acuerdo con las modalidades de la invención, los filtros permiten el paso de al menos una banda de luz visible y una no visible a través de los filtros al sensor. Una luz de flash, que puede ser una luz de flash dedicada, que coincide con la banda de paso del filtro no visible, se dispone para iluminar el objeto durante las obtención de imágenes.

Se proporciona además, de acuerdo con la invención, un aparato para proporcionar alineación digital posterior a la adquisición de al menos un par de imágenes digitales de un objeto, el aparato que incluye al menos dos lentes de longitud focal sustancialmente idéntica, de campo de visión sustancialmente idéntico y círculo de imágenes sustancialmente idéntico en un plano del sensor, para adquirir matrices de colores de imágenes digitales de un objeto a través de cada lente, cada lente que se asocia con un filtro de paso de banda único o múltiple que incluye una banda de luz similar y al menos una banda de luz diferente, y un procesador para dividir la matriz de colores que se capturó por la banda de luz similar de las imágenes de banda múltiples adquiridas por las lentes diferentes y que coincide con las matrices de banda de luz sustancialmente idénticas de cada lente para la alineación digital posterior a la adquisición de las imágenes adquiridas por todas las lentes.

Se apreciará que las lentes pueden montarse en una única cámara o en dos o más cámaras diferentes.

45 La presente invención se refiere además a un aparato de obtención de imágenes multispectrales móvil que tiene lentes múltiples y/o sensores múltiples y/o cámaras múltiples para capturar imágenes multispectrales. En particular, el aparato de obtención de imágenes móvil se configura para permitir la alineación digital de canales de colores en las imágenes multispectrales. Las cámaras (al menos dos) se colocan y alinean para capturar campos de visión que son lo más idénticos posible. Las cámaras diferentes permiten el paso de una pluralidad, preferentemente al menos cuatro, bandas de luz diferentes del espectro desde rojo a Cerca de UV o desde azul a Cerca de IR, lo por lo tanto se permite - mediante el uso de filtros de paso de banda - la detección de bandas seleccionadas de longitudes de onda definidas del espectro, en dependencia de la aplicación. Las cámaras son de campo de visión sustancialmente idéntico y círculo de imágenes sustancialmente idéntico en su plano del sensor. Las lentes de las cámaras son además de longitud focal sustancialmente idéntica y de baja distorsión. Se proporciona al menos una luz de flash dedicada para la iluminación en el rango sensible que coincide con el filtro no visible (por ejemplo, el Cerca de UV o el NIR), aunque se instalará preferentemente un segundo flash que ilumina las bandas visuales para lograr los círculos de imágenes sustancialmente idénticos en el plano del sensor, las lentes de las cámaras se colocan cada una a distancias desiguales del sensor, o al menos una de las lentes incluye un elemento óptico para corregir la aberración cromática, que se crea debido a las longitudes de onda diferentes de la luz que pasa a través de sus lentes diferentes.

Por lo tanto, se proporciona, de acuerdo con la presente invención, un aparato de obtención de imágenes multispectrales que incluye una plataforma de procesamiento móvil; al menos dos cámaras, cada una que incluye una lente, al menos un filtro de paso de banda único o múltiple, y al menos un sensor, integrado con la plataforma; en donde los filtros permiten el paso de al menos una banda de luz visible y una no visible (por ejemplo, cerca de infrarrojo o cerca de ultravioleta) a través de los filtros a los sensores; y en donde las lentes son de una longitud focal

sustancialmente idéntica, un campo de visión sustancialmente idéntico y un círculo de imágenes sustancialmente idéntico en un plano del sensor de la cámara. Las cámaras diferentes permiten el paso de una pluralidad, preferentemente al menos cuatro, bandas de luz diferentes del espectro desde rojo a Cerca de UV o desde azul a Cerca de IR. Se proporciona al menos una luz de flash dedicada para la iluminación en el rango sensible que coincide con el filtro no visible (por ejemplo, el Cerca de UV o el NIR), aunque se instalará preferentemente además un segundo flash que ilumina las bandas visuales.

De acuerdo con las modalidades de la invención, cada una de las lentes incluye un filtro para capturar al menos una banda de colores similar del espectro, lo que permite la alineación digital posterior a la adquisición de canales de colores diferentes en las imágenes capturadas, donde medios similares se superponen al menos al 50 %.

#### Breve descripción de los dibujos

La presente invención se comprenderá y apreciará además desde la siguiente descripción detallada tomada junto con los dibujos en los que:

La Figura 1 es una ilustración esquemática de una cámara DSLR de la técnica anterior con una montura de lente;

La Figura 2 es una ilustración esquemática de un conjunto de lente de acuerdo con algunas modalidades de la invención;

La Figura 3 es una ilustración esquemática de un sensor, de acuerdo con algunas modalidades de la invención;

La Figura 4 es una ilustración esquemática de un sensor, de acuerdo con modalidades alternativas de la invención;

La Figura 5 es una vista superior esquemática de otro diseño de lente para una cámara multiespectral, de acuerdo con algunas modalidades de la invención;

Las Figuras 6a y 6b son ilustraciones esquemáticas de posibles disposiciones de lentes de acuerdo con algunas modalidades de la presente invención;

La Figura 7 es una ilustración esquemática de la aberración cromática;

La Figura 8 es una ilustración esquemática de la corrección de aberración cromática de un par de lentes, de acuerdo con algunas modalidades de la invención;

Las Figuras 9a y 9b son ilustraciones esquemáticas de la vista frontal y lateral, respectivamente, de una partición física, que se coloca entre las dos lentes, de acuerdo con algunas modalidades de la presente invención;

Las Figuras 10a y 10b son vistas esquemáticas de un conjunto de lente con ventanas de encuadre, de acuerdo con algunas modalidades de la presente invención; y

La Figura 11 es una ilustración esquemática de un teléfono móvil multiespectral de acuerdo con algunas modalidades de la invención actual.

#### Descripción detallada de la invención

La presente invención se refiere a un conjunto de lente de formación de imágenes multiespectrales intercambiable para una cámara digital que tiene una montura de lente intercambiable. El conjunto de lente incluye un cuerpo con un anillo de conexión de única montura y al menos dos lentes coincidentes. Las lentes se colocan (preferentemente exactamente) delante del centro de la porción del sensor asociada con cada lente, de acuerdo con el número de lentes. Las lentes diferentes permiten el paso de una pluralidad, preferentemente al menos cuatro, bandas de luz diferentes (al menos 4 bandas para 2 lentes) del espectro desde NIR a azul y posiblemente cerca de UV, por lo tanto se permite - mediante el uso de filtros de paso de banda - la detección de bandas seleccionadas de longitudes de onda definidas del espectro, seleccionadas de acuerdo con la aplicación deseada. Las lentes son de un campo de visión sustancialmente idéntico y un círculo de imágenes sustancialmente idéntico en el plano del sensor. Las lentes son además de una longitud focal sustancialmente idéntica y se colocan cada una a distancias ligeramente diferentes del sensor, o al menos una de las lentes incluye un elemento óptico que corrige la aberración cromática creada debido a las longitudes de onda diferentes de la luz que pasa a través de las lentes diferentes. Preferentemente, sustancialmente idéntico en este caso significa al menos el 90 % idéntico. Se apreciará además que, de acuerdo con las modalidades de la invención, las lentes pueden ser de un campo de visión sustancialmente idéntico y/o un círculo de imágenes sustancialmente idéntico y/o de una longitud focal sustancialmente idéntica, o cualquier combinación.

En particular, el conjunto de lente permite capturar imágenes multiespectrales a través de lentes múltiples (dos o más), preferentemente mediante el uso de una montura de lente única estándar de la industria (tal como la montura F de Nikon o la montura E de Sony o Micro Four Thirds de Panasonic/Olympus o la montura de C, o cualquier DSLR similar o montaje de cámara digital mirrorless). El conjunto de lente mejora una única cámara digital equipada con un sensor de imágenes estándar (que preferiblemente no tiene filtro de corte UVIR, y es sensible al espectro completo de luz de ~170 nm a ~1100 nm de longitud de onda, como la mayoría de los sensores CMOS o CCD modernos), convirtiéndola en una cámara multiespectral de alta calidad, altamente sincronizada y alineada.

El paso de banda estrecho o ancho y/o los filtros de paso de banda múltiples asociados con las lentes son diferentes para cada lente. Pueden implementarse como un recubrimiento en la lente, o pueden ser intercambiables y montarse delante de la lente (entre el objeto y la lente), o detrás de ella (entre la lente y la porción del sensor que detecta la luz que pasa a través de esa lente particular), todo como se conoce, o de cualquier otra manera adecuada.

Las lentes múltiples pueden ser de enfoque fijo o pueden tener un enfoque ajustable. En el caso del enfoque ajustable, se proporciona un mecanismo de único enfoque, automático o manual, para ajustar el enfoque de todas las lentes múltiples al mover, juntos, los elementos ópticos de las lentes múltiples que necesitan moverse.

5 De acuerdo con algunas modalidades, las lentes múltiples pueden ser lentes con zoom. En tal caso, ya sea zoom automático o manual, el zoom de todos los elementos de lentes múltiples, que necesitan moverse para producir el efecto de zoom, se mueven juntos.

10 Para lograr la exposición ecualizada a las partes diferentes del sensor (ya que la invención utiliza una única cámara), las aberturas de las lentes diferentes se prestablecen o establecen manualmente de acuerdo con la longitud de onda adquirida. Esto se requiere porque las imágenes se adquieren en el mismo tiempo de exposición. (Por ejemplo, si las lentes capturan una imagen NIR de 850 nm a 950 nm y una imagen visible de 400 nm a 700 nm, puede requerirse una diferencia en la abertura (parada F) para obtener la exposición ecualizada. Si la lente VIS tiene F8, entonces es más probable que la lente NIR que captura un campo de visión y una longitud focal sustancialmente idénticos usará F5.6).

Las imágenes desde las lentes múltiples se guardan en un único archivo de imágenes, ya sea en RAW, JPEG o cualquier otro formato soportado por la cámara.

20 De acuerdo con algunas modalidades, se proporciona el uso óptimo y máximo de la superficie completa del sensor de la cámara, mientras se filtran partes superpuestas de las imágenes que se capturan por las lentes diferentes. Esto se logra preferentemente por el enmascaramiento y/o una partición física. Preferiblemente, la invención incluye un marco de bloqueo de luz, borde o partición alrededor de cada lente o entre las lentes, que limita o encuadra el círculo de luz que viene a través de cada lente al tamaño de un espacio rectangular predefinido en el sensor de la cámara. El tamaño de este espacio se determina de acuerdo con el número de lentes instaladas en la montura.

30 Ya que las aplicaciones, que pueden beneficiarse de las imágenes multiespectrales, analizan las imágenes mientras comparan las matrices de colores entre sí, es esencial que las matrices diferentes sean idénticas en su campo de visión y resolución. Ya que las lentes permiten el paso de bandas de luz seleccionadas y limitadas, la presente invención describe modos de corregir la aberración cromática que se causa por los ángulos diferentes que toman las bandas de luz mientras pasan a través de una sustancia de lente idéntica (ya sea vidrio o plástico). La invención actual describe dos posibles modos para resolver este problema sin requerir el procesamiento posterior a la adquisición de las imágenes adquiridas. Un modo sugerido para resolver el problema de la aberración es diseñar las lentes con base en círculos de imágenes y campos de visión idénticos, mientras que diseñan los elementos ópticos para ajustar estas dos especificaciones. La corrección de la aberración puede lograrse, en tal caso, ya sea al usar lentes ligeramente diferentes en términos de profundidad focal, o al agregar un elemento óptico en una o ambas lentes, que corrige la aberración (alineación el tamaño del círculo de imágenes de una lente con la de la otra lente). Es posible además usar una combinación de ambas de estas soluciones.

40 En adición, la invención actual propone un método para la alineación posterior a la adquisición de matrices de colores diferentes de modo más confiable, que ninguna cámara multiespectral convencional con lentes múltiples es capaz de ofrecer. La presente invención permite una alineación precisa de píxeles de las matrices, al capturar una de las bandas de color a través de ambas lentes y alinear todas las matrices de acuerdo con la alineación digital posterior a la adquisición, que se basa en la coincidencia de estas dos matrices de colores similares. Por ejemplo, si la lente 1 captura bandas anchas de 60 nm, cuyo centro son 450 nm, 550 nm y 650 nm, y la lente 2 captura bandas anchas de 60 nm de 550 nm y 850 nm, entonces la alineación digital posterior a la adquisición se hará al hacer coincidir las imágenes de 550 nm de lente 1 y lente 2, que permitirán la alineación precisa de píxeles, ya que estas matrices contienen datos similares. Esto se logra mediante al adquirir imágenes de cada una de las lentes, a través de filtros que incluyen una banda de luz similar. La matriz o canal que recibió la banda de luz similar se divide de las imágenes de banda múltiple adquiridas por las lentes diferentes, como por un procesador. Entonces, la matriz de banda de luz similar se utiliza para la alineación digital posterior a la adquisición de las imágenes adquiridas por todas las lentes. Para los propósitos de la presente invención, similar significa matrices de colores de una longitud de onda espectral sustancialmente superpuesta (al menos 50 %).

55 Todas las otras matrices entonces se alinearán de manera precisa, ya que se capturaron simultáneamente con los 550 nm en ambas mitades del sensor. Es posible, por supuesto, tener una banda sustancialmente idéntica para dicha alineación que usa cualquiera de los intervalos de bandas de RGB, sin embargo la opción preferida es el verde, ya que generalmente la matriz de color verde es la más nítida de los tres intervalos de color y la mayoría de las cámaras DSLR y Mirrorless se equipan con el sensor de Bayer RGGB, que garantiza la más alta calidad para la banda verde.

60 Se apreciará que esta técnica también puede usarse con cámaras múltiples (sensores múltiples) en una única plataforma, y no solo con una única cámara que tenga lentes múltiples en un único sensor. Un ejemplo de tal implementación se describe en detalle más abajo con respecto a una plataforma móvil. Por lo tanto, el método para la alineación digital de dos o más imágenes capturadas incluye la captura de imágenes a través de al menos dos lentes, al menos dos filtros que permiten el paso de una banda de luz seleccionada a través de cada una de las

lentes a al menos un sensor, en donde las lentes son de una longitud focal sustancialmente idéntica, un campo de visión sustancialmente idéntico y un círculo de imágenes sustancialmente similar en el plano del sensor. Uno de los filtros asociados con cada lente permite la captura de al menos una banda de color similar seleccionada del espectro (al menos un 50 % de superposición), que permite la alineación digital posterior a la adquisición de canales de color diferentes en las imágenes capturadas con base en la coincidencia de imágenes de la banda similar adquirida por cada lente.

En adición, las implementaciones de única cámara de la invención actual describen un modo para evitar la limitación del diámetro de la lente. Como las lentes tienen que colocarse exactamente delante de su porción correspondiente del sensor, el diámetro de la lente típicamente se limita por el tamaño del sensor. Si, por ejemplo, las dimensiones de un sensor APS-C usado por una determinada cámara son 23,2 mm x 15,4 mm, entonces un conjunto de doble lente parece limitarse a lentes de Ø11,6 mm. Sin embargo, como el diámetro completo de las lentes permite el paso de la luz de todo el círculo de la imagen, cuyas partes caen más allá del sensor (ya que el círculo de las imágenes es redondo y el sensor es rectangular), la invención actual revela un modo de usar lentes de mayor diámetro, mientras se encuadran los bordes de las lentes (o solo los bordes adyacentes). Esto permite el uso de lentes de hasta Ø15,4 mm. Otra forma de usar lentes incluso de mayor diámetro es usar un diseño de doble prisma Porro, como se describe en detalle más abajo, como se usa comúnmente en binoculares, para permitir el uso incluso de objetivos mucho más grandes.

El conjunto de lente puede ajustarse además a una montura diferente mediante el uso de un anillo adaptador de lente (por ejemplo, de montura F a Micro Four Thirds o de montura E o cualquier otra montura). Preferentemente, el conjunto de lente permite la calibración de enfoque independiente para cada una de sus lentes múltiples.

Preferentemente además, la cámara tiene capacidades inalámbricas (por ejemplo, WiFi, NFC, Bluetooth y/o LTE celular u otra). Si se desea, la cámara puede controlarse a través de USB o de manera inalámbrica. Preferentemente además, la cámara es capaz de transferir imágenes capturadas a través de cable (por ejemplo, USB) y/o de manera inalámbrica a una plataforma de procesamiento (tal como una computadora, tableta, PC, placa de procesamiento de imágenes, o un teléfono inteligente).

La invención actual propone un modo eficiente de usar al menos dos lentes en un único conjunto de lente, que evita la limitación RGGB del filtro de Bayer al dedicar al menos dos áreas del espacio del sensor a al menos dos lentes que se diseñan para pasar bandas del espectro diferentes. Una modalidad ilustrativa se muestra en las Figuras 2a y 2b. Las Figuras 2a y 2b muestran un conjunto de lente 4 que tiene una montura de lente 5 y una pluralidad de lentes 6 (ilustradas aquí como dos lentes). Por ejemplo, como se muestra en esta modalidad de la invención, si el conjunto de lente incluye dos lentes, una de las que tiene un filtro de paso de banda múltiple de NIR, G y UV, y la otra tiene un filtro de paso de banda múltiple de R, G, y B, la cámara puede capturar al menos 5 bandas o incluso 6 bandas, si el filtro de paso de banda G de cada lente permite una longitud de onda verde estrecha diferente a través de él. Usar cuatro lentes con un único sensor, como se ilustra en la Figura 2c, permitirá capturar hasta 12 bandas diferentes mediante el uso de un único sensor.

Los sensores de las cámaras actuales son de resolución bastante alta (sensores APS-C (Sistema de foto avanzado tipo C) de hasta 24 y 28 MP; sensor de fotograma completo de 36 MP e incluso 50 MP). La resolución soportada por estas cámaras se mejora y es razonable suponer que resoluciones mucho más altas se soportarán por tales cámaras en el futuro. Del mismo modo, el avance de las tecnologías y materiales de lentes, como puede verse en muchas cámaras de teléfonos inteligentes, permite integrar lentes de diámetro pequeño de alta calidad, que permiten capturar imágenes de alta resolución.

El avance del recubrimiento de lentes y la tecnología de filtrado óptico permite la creación de filtros de luz de paso de banda múltiple efectivos. Sin embargo, la adquisición de imágenes de longitud de onda diferentes en un único sensor en una única cámara presenta desafíos en términos de exposición equilibrada, como se describe en detalle más abajo. Por ejemplo, en algunos casos, la parada F óptima para la captura de IR podría ser 1 o 2 paradas (en dependencia de la banda capturada) más pequeña que la de la captura de imagen visual.

La invención actual permite la utilización de todas estas tecnologías, combinándolas para una solución efectiva y asequible de extremadamente alta calidad y precisión, a través de soluciones innovadoras pero simples de implementar.

La presente invención se refiere a un conjunto de lente, que incluye un cuerpo en el que se montan al menos dos lentes de círculos de imágenes y distancias focales sustancialmente idénticas. Las lentes (por ejemplo, 2, 3, 4, 5 o incluso 8) se diseñan para permitir el paso de diferentes bandas del espectro a través de filtros de paso de banda único o múltiples, que se colocan delante o entre las lentes y la cámara del sensor, o en la forma de recubrimiento en la lente, en sí mismo (o en uno de sus componentes ópticos).

El conjunto de lente de acuerdo con la invención se monta en una cámara DSLR o Mirrorless, que tiene una montura de lente intercambiable, para formar una cámara multiespectral altamente precisa pero económica. De acuerdo con la presente invención, pueden usarse conjuntos de lentes múltiples con una única cámara, al intercambiar conjuntos

de lentes de acuerdo con las necesidades del usuario y la aplicación particular. Un usuario puede tomar imágenes multispectrales de 8 o 12 bandas del espectro desde una larga distancia, y entonces cambiar el conjunto de lente con un conjunto de lente de mayor profundidad focal para una visión más detallada (más cercana) con ya sea las mismas bandas o bandas diferentes. La flexibilidad para intercambiar conjuntos de lentes, de acuerdo con la invención actual, permite el mejor uso del análisis multispectral de la teledetección agrícola, el examen médico y otras aplicaciones científicas.

De acuerdo con la invención actual, se usa una cámara de espectro completo con el conjunto de lente. Tal cámara de espectro completo expone el sensor de la cámara a un espectro más amplio que el espectro visual ya sea debido a la falta de un filtro UVIR, o debido a la extracción de tal filtro, si fue originalmente instalado por el fabricante, o al reemplazarlo por un filtro que permite el paso de un rango más amplio del espectro.

De acuerdo con la invención actual, se incluyen al menos dos lentes en el conjunto de lente. Para lograr la coincidencia más cercana posible entre las imágenes de los dos (o más) lentes, y permitir el uso completo del sensor de la cámara, se describen un número de disposiciones diferentes de componentes de acuerdo con la invención actual.

La mayoría de las cámaras DSLR y Mirrorless con monturas de lentes intercambiables tienen sensores de tamaños diferentes. Las dimensiones de 12, 16, 24 o 50 megapíxeles pueden variar desde sensores incluso más pequeños que 17,3 mm por 13 mm (Micro Four Thirds) hasta sensores de hasta 36 mm por 24 mm (fotograma completo). Una Sony Alpha 5000, por ejemplo, tiene un sensor APS-C de 23,2 mm por 15,4 mm. Para adquirir dos imágenes lo más idénticas posible a través de dos lentes en el mismo sensor, es preferible establecer las lentes exactamente delante del sensor, cuando el centro focal de cada una de las lentes se coloca exactamente delante del centro de la porción del sensor que le corresponde. Un ejemplo de tal disposición se muestra en la Figura 3. En la Figura 3, el sensor se muestra con dos lentes en el mismo. Cada lente se monta con su centro focal delante del centro de su mitad respectiva del sensor. El tamaño del sensor, por lo tanto, parece presentar una limitación real al tamaño de las lentes que pueden usarse, como (por ejemplo) si necesitan usarse dos lentes delante de un sensor de 23,2 mm por 15,4 mm, significa que el diámetro máximo de la lente puede no ser mayor de 11,6 mm (la mitad del tamaño horizontal del sensor). Si deben usarse cuatro lentes, entonces el diámetro máximo de las lentes puede no ser mayor de 7,7 mm (la mitad de la dimensión vertical del sensor, que utiliza 11,6 mm por 7,7 mm). Vea, por ejemplo, la Figura 4, que muestra cuatro lentes montadas en un único sensor, de manera que el centro focal de cada lente está delante del centro de su cuarto respectivo del sensor.

Para que tal modalidad sea efectiva, cada una de las lentes pequeñas debe presentar en el sensor un círculo de imágenes de diámetro de al menos 13,923 mm (la dimensión diagonal de 11,6 mm por 7,7 mm) para cubrir completamente su porción dedicada del sensor. Sin embargo, de acuerdo con la invención actual, tal limitación puede superarse en al menos dos modos diferentes. Un modo es usar un diseño de prisma Porro para cada lente del compuesto, como se usa a menudo en binoculares, y como se ilustra en la Figura 5. El diseño de prisma Porro tiene prismas desplazados que resultan en la forma familiar "doblada" de muchos binoculares. Tal diseño permite el uso de objetivos de diámetro mucho más grandes (de tamaño prácticamente ilimitado), mientras que el "ocular" del monocular de prisma Porro se establece en la montura intercambiable de la cámara, que enfrenta al sensor. Por lo tanto, las imágenes capturadas a través del objetivo 13 pasan a través de los prismas Porro 14' al ocular 14 y entonces al sensor 15. Este diseño de prisma Porro puede implementarse alternativamente en cada una de las otras modalidades descritas en la presente descripción.

Otro modo, y preferido, de acuerdo con las modalidades de la invención actual, es recortar las lentes adyacentes. Los bordes de los círculos de imágenes que pasan a través de las lentes necesitarán encuadrarse eventualmente, para evitar la superposición ineficiente de los círculos de imágenes en el sensor. Al encuadrar los bordes superpuestos de las lentes, la invención actual permite el uso de lentes de mayor diámetro. Esto puede verse en la Figura 6a, que muestra el uso de lentes 16 que se extienden más allá de los bordes del sensor 17, que permite el uso del área de superficie completa del sensor. En la Figura 6b, pueden verse las lentes encuadradas 16, en sí mismas. Se encuadran a lo largo de un borde de encuadre coincidente 19. Como puede verse, los centros de lente 20 se disponen por encima del centro del sensor medio correspondiente. En el ejemplo ilustrado, para el mismo sensor Sony APS-C de 23,2 mm por 15,4 mm, encuadrar los bordes superpuestos de dos lentes adyacentes permite el uso de lentes con un diámetro de hasta 15,4 mm. Con cuatro lentes (no mostradas) ajustadas en un único conjunto de lente, pueden usarse lentes de diámetro de hasta 11,6 mm. Por lo tanto, la invención actual describe modos efectivos para superar la limitación de tamaño de la lente sin comprometer el posicionamiento de las lentes delante de los centros de las porciones correspondientes del sensor.

La invención actual describe además modos efectivos para equilibrar los niveles de exposición de las lentes diferentes que se incluyen en el conjunto de lente. Como el tiempo de exposición no puede establecerse de manera independiente para cada lente del compuesto, y como la sensibilidad del sensor puede variar cuando se expone a bandas estrechas o anchas diferentes del espectro, podría ser una necesidad equilibrar los niveles de exposición del lentes diferentes. Por ejemplo, en tal caso, para lograr la exposición equilibrada y evitar sobre o subexposición de una o todas las imágenes, la parada F óptima para la captura de IR podría ser 1 o 2 paradas (en dependencia de la banda capturada) más pequeña que la de la captura de imágenes visuales (por ejemplo, F8 Vs. F5.6 para VIS Vs.

NIR de 800 nm y F11 Vs. F5.6 para VIS Vs. NIR de 950 nm). Si la exposición de las lentes diferentes no se equilibra, una imagen capturada podría subexponerse (demasiado oscura) o la otra (en caso de un conjunto de doble lente) podría subexponerse (demasiado brillante). La invención actual describe tres posibles modalidades que resuelven el equilibrio de exposición. La primera opción es una configuración de iris diferencial para cada lente, es decir, configurar una parada F específica para cada lente de acuerdo con la banda que deja atravesar. De acuerdo con esta modalidad, una lente NIR de 800 nm tendrá un F8 o F5.6 si su lente adyacente es de 3 bandas VIS (entre 400 nm - 700 nm), mientras la lente VIS será de F8 o F11.

Una segunda solución, de acuerdo con la invención actual, es agregar un recubrimiento o filtro de densidad neutra a la lente VIS. Un filtro de densidad neutra reduce o modifica la intensidad de todas las longitudes de onda o colores de luz igualmente, sin otorgar cambios en el tono de la reproducción de colores. Tal filtro puede adecuarse para reducir la intensidad como se desee para lograr el equilibrio deseado entre las lentes. Una solución más compleja y costosa es permitir la configuración de iris independiente para cada lente. Esta es una solución menos preferida, ya que el iris no se fija.

La invención actual propone además dos modos prácticos para superar un desafío importante de capturar multiespectrales en un único sensor, que es la aberración cromática. La aberración cromática, conocida además como "franja de colores" o "franja púrpura", es un problema óptico común. La aberración cromática se provoca por la dispersión de la lente, con colores de luz diferentes que viajan a velocidades diferentes mientras que pasan a través de una lente. Este problema se ilustra esquemáticamente en la Figura 7. Aquí, puede verse que la lente 21 divide la luz en tres espectros - rojo 23, verde 24 y azul 25. Sin embargo, en la ilustración, sólo la luz verde 24 se enfoca en el sensor en el plano focal 22. La aberración cromática es especialmente grave cuando se lidia con un amplio rango del espectro. Una lente capaz de corregir y enfocar imágenes dentro del rango del espectro visual (400 nm a 700 nm) no será capaz de superar la aberración cromática de 200 nm a 850 nm y más. Aunque el conjunto de lentes múltiples deja las bandas diferentes del espectro a través de lentes independientes y captura las imágenes en porciones diferentes del plano del sensor, la aberración cromática debe corregirse para permitir el análisis efectivo de las imágenes capturadas. Podría usarse una solución de software posterior a la adquisición para resolver el problema, pero es menos eficiente que resolver el problema de antemano.

El primer modo para corregir la aberración es usar lentes ligeramente diferentes en el compuesto, de acuerdo con la banda o bandas de luz que pasan a través de la lente. Aunque el ángulo de visión y el círculo de imágenes de las lentes se mantienen idénticos, el diseño de la lente se altera a una profundidad focal idéntica. Esto puede hacerse por cualquier hombre de la técnica. Un segundo modo para resolver la aberración cromática longitudinal es incrustar las lentes en el compuesto en un plano desigual, es decir, a distancias diferentes del sensor, como se muestra en la Figura 8. En esta modalidad ilustrativa, una lente 26, que pasa luz verde, se dispone más cerca del sensor 27, mientras una lente 28, que pasa luz roja, se dispone más alejada del sensor 27. De este modo, tanto el punto focal verde 29 como el punto focal rojo 30 coinciden con el plano focal del sensor 27. Este es un modo simple y práctico para resolver el problema mientras se usan lentes idénticas. Configurar una lente, que permite luz verde y ultravioleta a través, a una distancia más cercana al sensor que una lente que permite luz cerca de infrarrojo a través, permite la captura de imágenes idénticas en términos de dimensiones y ángulo de visión, que es tan esencial para el análisis posterior a la adquisición de las imágenes.

Para usar el área de superficie completa del sensor de manera efectiva, la invención actual describe unos cuantos modos para evitar que los círculos de imágenes que atraviesan las lentes se superpongan y mezclen en el plano del sensor. Un modo para bloquear tal mezcla es mediante el uso de una partición física, que se coloca entre las lentes. Las Figuras 9a y 9b muestran una modalidad ilustrativa de un conjunto de lente en vistas esquemáticas frontales y laterales respectivas. Dos lentes 32 se montan en el conjunto de lente delante de un sensor 31. Una partición física 33 se dispone entre las lentes para reducir o evitar la superposición de imágenes capturadas en el sensor 31. Tal partición o particiones delgadas (en dependencia del número de lentes en el conjunto de lente), que se colocan perpendiculares al sensor, exactamente en los bordes de las porciones del sensor que se dedican a las lentes por encima de estas porciones, evitan la mezcla y, en la práctica "recorta" los círculos de imágenes donde podría ocurrir una mezcla. En algunos casos, cuando se utiliza un obturador mecánico de la cámara entre las lentes y el sensor, es preferente una combinación de dos o todos los medios descritos anteriormente para evitar la superposición.

Otro modo práctico de "encontrar" físicamente los bordes de imágenes que podrían mezclarse es mediante el recubrimiento en las lentes, o mediante una "ventana" entre las lentes y el sensor. Tales "ventanas" o recubrimiento rectangular evitan la luz que puede mezclarse al atravesar el sensor. Un modalidad ilustrativa se muestra en las Figuras 10a y 10b, que muestra un conjunto de lente 34 con dos lentes u oculares 35. En la Figura 10a, la luz que viene hacia un ocular (el elemento óptico que está más cerca del sensor) tiene rayos que ingresan el segundo ocular, que provoca la mezcla indeseable. De acuerdo con modalidades de la presente invención, como se muestra en la Figura 10b, se han añadido ventanas de encuadre 36 para evitar esta mezcla.

A medida que las imágenes que pasan a través de las lentes múltiples del compuesto terminan en porciones diferentes del mismo único sensor, se guardan eventualmente lado a lado y/o de arriba a abajo, o ambas, y se guardan en un único archivo, en cualquier formato (JPG, RAW, etc.) que se soporta por la cámara en la que se monta el conjunto de lente.

La presente invención se refiere además a un aparato de obtención de imágenes multiespectrales móvil que tiene al menos dos cámaras integradas con una plataforma de procesamiento móvil para capturar imágenes multiespectrales. Cada cámara incluye al menos un sensor, integrado con la plataforma, una lente, y al menos un filtro de paso de banda único o múltiple, que permite el paso de al menos una banda de luz visible y una no visible (cerca de infrarrojo o cerca de ultravioleta) a través de los filtros a los sensores. Las lentes son de una distancia focal sustancialmente idéntica, un campo de visión sustancialmente idéntico y un círculo de imágenes sustancialmente idéntico en el plano del sensor de la cámara. Las cámaras diferentes permiten el paso de una pluralidad, preferentemente al menos cuatro, bandas de luz diferentes del espectro desde rojo a Cerca de UV o desde azul a Cerca de IR. Se proporciona al menos una luz de flash, preferentemente la luz de flash dedicada para la iluminación en el rango sensible que coincide con el filtro no visible (por ejemplo, Cerca de UV o el NIR). Preferentemente, se instalará un segundo flash que ilumina las bandas visuales, también. El aparato de obtención de imágenes puede implementarse con lentes múltiples y/o sensores múltiples y/o cámaras múltiples. Se requiere medios de almacenamiento para almacenar las imágenes capturadas como dos archivos coincidentes o como un único archivo. Típicamente las plataformas móviles de procesamiento y los teléfonos inteligentes se equipan con almacenamiento de tipos diferentes: interno y microSD. La invención se describe a continuación con referencia a las cámaras, aunque, alternativamente, puede implementarse como al menos dos lentes con al menos dos filtros montados en al menos un sensor de recolección de luz.

En particular, el aparato de obtención de imágenes móvil se configura para permitir la alineación digital de canales de colores en las imágenes multiespectrales. Las cámaras (al menos dos) se colocan y alinean para capturar campos de visión que son lo más idénticos posible. Las cámaras diferentes permiten el paso de una pluralidad, preferentemente al menos cuatro, bandas de luz diferentes del espectro desde cerca de IR a UV o cerca de UV, por lo tanto se permite - mediante el uso de filtros de paso de banda - la detección de bandas seleccionadas de longitudes de onda definidas del espectro, en dependencia de la aplicación. Las cámaras son de campo de visión sustancialmente idéntico y círculo de imágenes sustancialmente idéntico en su plano del sensor. Las lentes de las cámaras son además de longitud focal sustancialmente idéntica y de baja distorsión. Para lograr la similitud de los círculos de imágenes en el plano del sensor, las lentes de las cámaras se colocan ya sea a distancias desiguales del sensor, o incluyen un elemento óptico para corregir la aberración cromática, que se crea debido a las longitudes de onda de la luz diferentes que pasan a través de sus lentes diferentes.

En particular, la combinación de las dos cámaras permite la captura de imágenes multiespectrales mediante el uso de dos cámaras de espectro completo (sin filtro de corte o recubrimiento de UVIR) equipadas con filtros de paso de banda múltiples, o mediante el uso de una cámara en el rango visual (como 400 nm a 700 nm) y una segunda cámara sin filtro de corte o recubrimiento de UV y/o IR, que es sensible al espectro completo de luz desde ~350 nm a ~1000 nm, (como la mayoría de los sensores de teléfonos inteligentes de CMOS modernos), que convierte las cámaras combinadas en una plataforma móvil de obtención de imágenes multiespectrales y de procesamiento única, de peso ligero, de alta calidad, altamente sincronizada y alineada y cuando usa un diseño de teléfono inteligente, con capacidades de comunicación cableadas e inalámbricas múltiples.

Como cada cámara es capaz de capturar 3 bandas estrechas, debido a la matriz de Bayer del sensor, la invención actual permite capturar imágenes multiespectrales de cuatro a doce e incluso más bandas, a través de cámaras múltiples (dos a cuatro).

En una posible modalidad de la invención actual, como se ejemplifica en la FIGURA 11, para propósitos de análisis de la piel, las dos cámaras 4 y 5 se colocarán cerca entre sí en un teléfono inteligente 1 o plataforma móvil similar para capturar imágenes simultáneamente. Cada cámara tendrá preferentemente un flash LED dedicado 3, 6 que coincida con el ancho de banda capturado de cada filtro de la cámara - por ejemplo, el flash de luz negra de 365 nm-370 nm para la cámara NUV y el flash de luz visible para la cámara de luz visible. Preferentemente cada cámara se dispone para capturar además una banda similar del espectro (al menos el 50 % de superposición), mostrada aquí como una banda verde, para permitir la alineación digital de bandas de colores o frecuencia en las imágenes capturadas, como se describió anteriormente con referencia al aparato de obtención de imágenes que tiene el conjunto de lente.

Para capturar imágenes de análisis de la piel fácilmente, las cámaras se instalarán en el lado de la pantalla, lo que permite que el usuario vea el campo de visión de la cámara, como se hace actualmente cuando se toman selfi (como puede verse en la FIGURA 11). Las imágenes adquiridas pueden presentarse lado a lado o de manera separada, de acuerdo con la preferencia del usuario.

La integración con una plataforma capaz de procesar datos permitirá para tanto la implementación de análisis agrícola como de piel, el análisis en tiempo real a bordo y fuera de línea de las imágenes adquiridas mediante el uso de herramientas de análisis comunes, tales como NDVI, NDRE, o el software de análisis de piel.

El paso de banda estrecho o ancho y/o los filtros de paso de banda múltiple asociados con cada lente son diferentes para cada lente. Pueden implementarse como un recubrimiento en la lente, y/o montarse delante de la lente (entre el

objeto y la lente), o detrás de ella (entre la lente y el sensor que detecta la luz que pasa a través de esa lente particular), todo como se conoce.

5 Las imágenes desde las lentes o cámaras múltiples pueden guardarse en un único archivo de imagen o como dos archivos coincidentes, ya sea en RAW, JPEG o cualquier otro formato soportado por la cámara.

10 Por lo tanto, el aparato de obtención de imágenes móvil de la invención actual permite la implementación del método descrito anteriormente de alineación posterior a la adquisición de matrices de colores diferentes, del modo más confiable que ninguna cámara multiespectral de lentes múltiples convencionales es capaz de ofrecer. Como se describió anteriormente, estas modalidades de la invención actual permiten la alineación precisa de píxeles de las matrices, al capturar una de las bandas de colores a través de ambas lentes, y alinear todas las matrices de acuerdo con la alineación digital posterior a la adquisición, que se basa en la coincidencia de estas dos matrices de colores similares. Por ejemplo, si la lente/cámara 1 captura bandas anchas de 60 nm, cuyo centro son 450 nm, 550 nm y 650 nm, y la lente/cámara 2 captura bandas anchas de 60 nm de 550 nm y 850 nm, entonces la alineación digital posterior a la adquisición se hará al hacer coincidir las dos imágenes de 550 nm de la lente 1 y la lente 2, que permitirán la alineación precisa de píxeles, ya que estas matrices contienen datos similares. Esto se logra al adquirir imágenes, a través de filtros que incluyen una banda de luz sustancialmente idéntica, por cada una de las lentes. La matriz o canal que recibió la banda de luz sustancialmente idéntica se divide de las imágenes de banda múltiple adquiridas por las lentes/cámaras diferentes. Entonces, la matriz de banda de luz sustancialmente idéntica se utiliza para la alineación digital posterior a la adquisición de las imágenes adquiridas por todas las lentes/cámaras.

20 Todas las otras matrices entonces se alinearán de manera precisa, ya que se capturaron simultáneamente con los 550 nm en ambas mitades del sensor. Es posible, por supuesto, tener una banda similar para tal alineación mediante el uso de cualquiera de las bandas de rango RGB, sin embargo la opción preferente será de verde, ya que generalmente la matriz de color verde es la más nítida de los tres rangos de colores y la mayoría de las cámaras se equipan con el sensor de Bayer RGGB, que garantiza la calidad más alta para la banda verde.

25 Se apreciará que la plataforma de obtención de imágenes móvil tiene capacidades inalámbricas (por ejemplo, WiFi, NFC, Bluetooth y/o LTE celular u otras) como se proporciona en la plataforma móvil. Si se desea, las cámaras pueden controlarse a través de USB o de manera inalámbrica. De manera similar, las cámaras son capaces de transferir imágenes capturadas a través de cable (por ejemplo, USB) y/o de manera inalámbrica a una plataforma de procesamiento (tal como un ordenador, tableta, PC, placa de procesamiento de imágenes, o un teléfono inteligente).

35 Aunque la invención se ha descrito con respecto a un número limitado de modalidades, se apreciará que pueden hacerse muchas variaciones, modificaciones y otras aplicaciones de la invención. Se apreciará además que la invención no se limita a lo que se ha descrito anteriormente simplemente a modo de ejemplo. Más bien, la invención se limita únicamente por las reivindicaciones que siguen.

**REIVINDICACIONES**

1. Un conjunto de lente (4) para conectarse a una montura de lente intercambiable de una cámara digital que tiene un único sensor de imágenes, el conjunto de lente (4) que comprende:  
 5 un cuerpo;  
 un anillo de conexión de única montura (5) montado en dicho cuerpo para conectarse a la montura de lente de la cámara digital;  
 al menos dos lentes (6) de longitud focal sustancialmente idéntica montadas en dicho cuerpo; y un filtro de paso de banda único o múltiple diferente asociado con cada una de dichas lentes (6) que permite el paso de  
 10 al menos una banda visible y una banda no visible seleccionada del grupo que consiste en bandas de infrarrojo cercano y bandas de luz ultravioleta, a través de los filtros al sensor;  
 en donde las lentes (6) son de un campo de visión sustancialmente idéntico y un círculo de imágenes sustancialmente idéntico en un plano del sensor de la cámara.
- 15 2. El conjunto de lente de acuerdo con la reivindicación 1, en donde los filtros se seleccionan para permitir el paso de al menos cuatro bandas diferentes del espectro a través de dichas lentes.
3. El conjunto de lente de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en donde los filtros se seleccionan para permitir el paso de una banda similar del espectro a través de ambas lentes, lo que permite  
 20 la alineación posterior a la adquisición de las matrices de colores de ambas lentes con base en la coincidencia de la banda similar adquirida por ambas lentes.
4. El conjunto de lente de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones de la 1 a la 3, en donde la aberración cromática se corrige por al menos una de:  
 25 colocar las lentes a distancias ligeramente diferentes del sensor; o  
 incluir, en al menos una de las lentes, un elemento óptico que alinea el tamaño del círculo de imágenes de una lente con el de la otra lente.
5. El conjunto de lente de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un marco de bloqueo de luz dispuesto entre las lentes o fijado al sensor.  
 30
6. El conjunto de lente de acuerdo con la reivindicación 4, en donde el marco de bloqueo de luz se selecciona del grupo que incluye una ventana de enmascaramiento, un borde, y una partición dispuesta entre las lentes o fijada al sensor, o una combinación de estos.  
 35
7. El conjunto de lente de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde cada una de dichas lentes se coloca delante de un centro de la porción del sensor asociado con estas.
8. El conjunto de lente de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde dicho filtro se implementa como al menos una de las siguientes: un recubrimiento, un filtro montado delante de la lente, un  
 40 filtro montado detrás de la lente, y un filtro montado por encima de la porción del sensor que detecta la luz que pasa a través de una lente particular.
9. El conjunto de lente de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un mecanismo de único enfoque para ajustar simultáneamente el enfoque de todas las lentes.  
 45
10. El conjunto de lente de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que incluye además al menos un diseño de prisma Porro asociado con cada lente.
- 50 11. Un método para capturar imágenes multiespectrales, el método que comprende:  
 capturar imágenes en un único sensor de imágenes a través de al menos dos lentes de longitud focal sustancialmente idéntica, en donde las lentes son de un campo de visión sustancialmente idéntico y un círculo de imágenes sustancialmente idéntico en un plano del sensor;  
 55 cada una de dichas lentes que se asocia con un filtro de paso de banda único o múltiple diferente;  
 pasar al menos una banda visible y al menos una banda no visible, a través de dichos filtros al sensor; y  
 guardar dichas imágenes capturadas desde las lentes múltiples en un único archivo de imagen.
12. El método de acuerdo con la reivindicación 11, en donde la etapa de pasar incluye pasar al menos cuatro  
 60 bandas espectrales diferentes a través de dichos filtros.
13. El método de acuerdo con la reivindicación 11 o la reivindicación 12, que comprende además corregir la aberración cromática por al menos una de: colocar las lentes a distancias desiguales del sensor, o incluir, en  
 al menos una de las lentes, un elemento óptico que alinee el tamaño del círculo de imágenes de una lente con el de la otra lente.  
 65

14. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 11-13, que comprende además encuadrar las lentes para evitar la superposición de imágenes.
- 5 15. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 11-14, en donde el método comprende además: adquirir imágenes, a través de filtros que permiten el paso de una banda de luz similar, por cada una de las lentes; dividir una matriz que se capturó por la banda de luz similar de las imágenes de banda múltiple adquiridas por las lentes diferentes; y alinear digitalmente las imágenes adquiridas por todas las lentes que utilizan la matriz de banda de luz similar.
- 10 16. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 11-15, que incluye además el enfoque de calibración independiente para cada lente.
- 15 17. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 11-16, que comprende además equilibrar los niveles de exposición de dichas lentes por un método seleccionado del grupo que incluye: a) preestablecer el tamaño de las aberturas (paradas F) de dichas lentes de acuerdo con las longitudes de onda para la adquisición durante un mismo tiempo de exposición; b) agregar el recubrimiento o filtro de densidad neutra a la lente VIS; c) establecer manualmente las aberturas/configuración del iris/parada F.
- 20 18. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 11-17, en donde dicha banda no visible se selecciona del grupo que consiste en bandas de luz de infrarrojo cercano y bandas de luz ultravioleta cercana.
- 25 19. Una cámara multispectral que comprende una cámara digital que tiene una montura de lente intercambiable, un obturador y un único sensor; y un conjunto de lente reemplazable que incluye: un cuerpo; un anillo de conexión de única montura montado en dicho cuerpo para conectarse a la montura de lente de la cámara digital; al menos dos lentes de longitud focal sustancialmente idéntica montadas en dicho cuerpo, cada una de dichas lentes montada con su centro focal dispuesto delante del centro de su porción respectiva del sensor; un filtro de paso de banda único o múltiple diferente asociado con cada una de dichas lentes que permite el paso de al menos una banda visible y al menos una banda no visible seleccionada del grupo que consiste en bandas de infrarrojo cercano y bandas de luz ultravioleta, a través de dichos filtros al sensor; en donde las lentes son de un campo de visión idéntico y un círculo de imágenes sustancialmente idéntico en un plano del sensor de la cámara; y un anillo de conexión de única montura en dicho cuerpo para conectarse a la montura de lente de la cámara digital.
- 30 20. La cámara de acuerdo con la reivindicación 19, en donde los filtros se seleccionan para permitir el paso de al menos cuatro bandas diferentes del espectro a través de dichas lentes.
- 35 21. La cámara de acuerdo con la reivindicación 19 o la reivindicación 20, en donde la aberración cromática se corrige por al menos una de: colocar las lentes en el compuesto a distancias desiguales desde el sensor, de manera que el punto focal de cada lente coincida con un plano focal del sensor; o incluir en al menos una de las lentes un elemento óptico que alinee el tamaño del círculo de imágenes de una lente con el de la otra lente; o seleccionar dichas lentes con la longitud focal ligeramente diferente, y disponerlas en el conjunto con un ángulo de visión y círculo de imágenes idénticos.
- 40 22. La cámara de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 19-21, que comprende además un marco de bloqueo de luz dispuesto entre las lentes o fijado al sensor.
- 45 23. Un método para proporcionar la alineación digital posterior a la adquisición de al menos un par de imágenes digitales de un objeto, el método que comprende: adquirir imágenes digitales del objeto, almacenadas como matrices de colores a través de cada una de al menos dos lentes de longitud focal sustancialmente idéntica, de campo de visión sustancialmente idéntico y círculo de imágenes sustancialmente idéntico en un plano del sensor de al menos un sensor; cada una de dichas lentes que se asocia con un filtro de paso de banda único o múltiple, de manera que cada lente captura una banda de luz similar a una banda de luz capturada por la otra dicha lente y al menos una banda de luz diferente de las bandas de luz capturadas por las otras dichas lentes; dividir la matriz de colores que se capturó por la banda de luz similar de las imágenes de bandas múltiples adquiridas por las lentes diferentes; y hacer coincidir las matrices de banda de luz sustancialmente idénticas de cada lente para la alineación digital posterior a la adquisición de las imágenes adquiridas por todas las lentes.
- 50 55 60 65

24. El método de acuerdo con la reivindicación 23, en donde los filtros permiten el paso de al menos una banda de luz visible y una no visible a través de los filtros al sensor.
- 5 25. El método de acuerdo con la reivindicación 24, que comprende además una luz de flash que coincide con la banda de paso del filtro no visible, dispuesta para iluminar un objeto para la obtención de imágenes.
26. El método de acuerdo con la reivindicación 25, que comprende además una segunda luz de flash que coincide con la banda de paso del filtro visible, dispuesta para iluminar el objeto para la obtención de imágenes.
- 10 27. Aparato para proporcionar alineación digital posterior a la adquisición de al menos un par de imágenes digitales de un objeto, el aparato que comprende:  
al menos dos lentes de longitud focal sustancialmente idéntica, de campo de visión sustancialmente idéntico y círculo de imágenes sustancialmente idéntico en un plano del sensor, para adquirir matrices de colores de imágenes digitales de un objeto a través de cada lente;  
15 cada una de dichas lentes que se asocia con un filtro de paso de banda único o múltiple que incluye una banda de luz similar y al menos una banda de luz diferente; y  
un procesador para dividir la matriz de colores que se capturó por la banda de luz similar de las imágenes de banda múltiple adquiridas por las lentes diferentes y hacer coincidir las matrices de banda de luz sustancialmente idénticas de cada lente para la alineación digital posterior a la adquisición de las imágenes adquiridas por todas las lentes.
- 20 28. El aparato de acuerdo con la reivindicación 27, en donde los filtros permiten el paso de al menos una banda de luz visible y una no visible a través de los filtros al sensor.
- 25 29. El aparato de acuerdo con la reivindicación 28, que comprende además una luz de flash que coincide con la banda de paso del filtro no visible, dispuesta para iluminar el objeto durante la adquisición de la imagen.
- 30 30. El aparato de acuerdo con la reivindicación 29, que comprende además una segunda luz de flash que coincide con la banda de paso del filtro visible dispuesta para iluminar el objeto durante la adquisición de la imagen.
- 35 31. Un aparato para la obtención de imágenes multiespectrales que comprende:  
una plataforma de procesamiento móvil;  
al menos dos cámaras integradas con la plataforma, cada cámara que incluye una lente, al menos un filtro de paso de banda único o múltiple, y al menos un sensor; y  
en donde los filtros permiten el paso de al menos una banda de luz visible y una no visible a través de los filtros al sensor;  
40 en donde las lentes son de una longitud focal sustancialmente idéntica, un campo de visión similar y un círculo de imágenes sustancialmente similar en un plano del sensor.
32. El aparato de acuerdo con la reivindicación 31, que comprende además una luz de flash que coincide con la banda de paso no visible de los filtros, dispuesta para iluminar un objeto para la obtención de imágenes.
- 45 33. El aparato de acuerdo con la reivindicación 32, que comprende además una segunda luz de flash que coincide con la banda de paso visible de los filtros, dispuesta para iluminar el objeto para la obtención de imágenes.
- 50 34. El aparato de acuerdo con la reivindicación 32 o la reivindicación 33, en donde la luz del flash que coincide con la banda de paso no visible es una luz de flash dedicada.
- 55 35. El aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 31 a 34, en donde dicho al menos un sensor incluye dos sensores integrados con la plataforma, cada sensor asociado con al menos una de dichas lentes y al menos uno de dichos filtros.
- 60 36. El aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 31-35, en donde todas las lentes incluyen un filtro para capturar al menos una banda de color similar del espectro, lo que permite la alineación digital de canales de colores diferentes en las imágenes capturadas.
- 65 37. El aparato de obtención de imágenes multiespectrales de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 31-36, en donde cada uno de dichos filtros se implementa como al menos uno de los siguientes: un recubrimiento, un filtro montado delante de la lente, un filtro montado detrás de la lente, y un filtro montado por encima de la porción del sensor que detecta la luz que pasa a través de una lente particular.
38. Un método para capturar imágenes multiespectrales, el método que comprende:

- capturar imágenes por un aparato de obtención de imágenes multiespectrales en una plataforma de procesamiento móvil a través de al menos dos lentes, al menos dos filtros, y al menos un sensor integrado con la plataforma;
- 5 en donde los al menos dos filtros permiten el paso de al menos una banda de luz visible y una no visible (infrarrojo o ultravioleta cercanos) a través de los filtros al sensor;
- en donde las lentes son de una longitud focal sustancialmente idéntica, un campo de visión similar y un círculo de imágenes sustancialmente idéntico en un plano del sensor;
- 10 cada una de dichas lentes que se asocia con un filtro de paso de banda único o múltiple diferente;
- pasar al menos una banda visible y al menos una banda no visible seleccionada del grupo que consiste en bandas de infrarrojo cercano y bandas de luz ultravioleta cercana, a través de dichos filtros a los sensores; y
- 15 pasar al menos una banda de color similar del espectro a través de cada una de dichas lentes, lo que permite la alineación digital de canales de colores diferentes en las imágenes capturadas.
39. El método de acuerdo con la reivindicación 38, en donde el método comprende además:
- 20 adquirir imágenes, a través de dichos filtros que incluyen una banda de luz sustancialmente idéntica, por cada una de las lentes;
- dividir una matriz que recibió la banda de luz sustancialmente idéntica de las imágenes de banda múltiple adquiridas por las lentes diferentes; y
- 25 utilizar la matriz de banda de luz sustancialmente idéntica para la alineación digital posterior a la adquisición de las imágenes adquiridas por todas las lentes.
40. El método de acuerdo con la reivindicación 38 o la reivindicación 39, que comprende además iluminar un objeto del cual se van a obtener imágenes con una luz de flash que coincide con la banda de paso no visible.
41. El método de acuerdo con la reivindicación 40, en donde la luz de flash es una luz de flash dedicada.

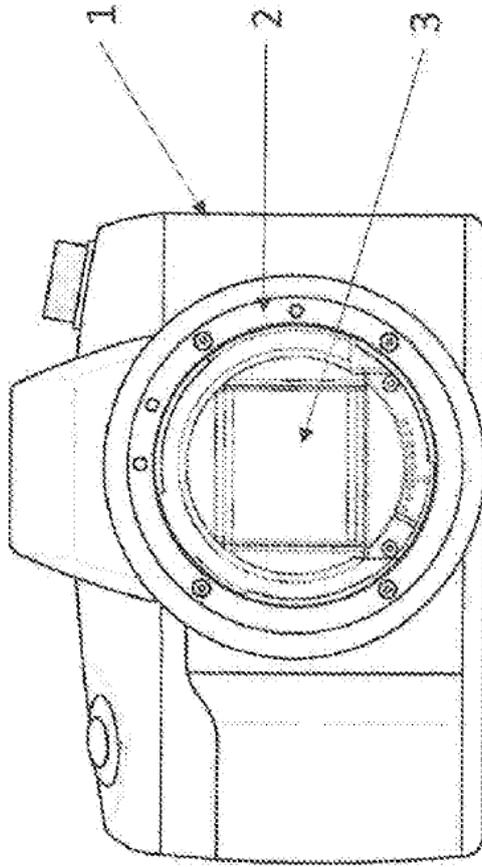


Figura 1

Técnica anterior

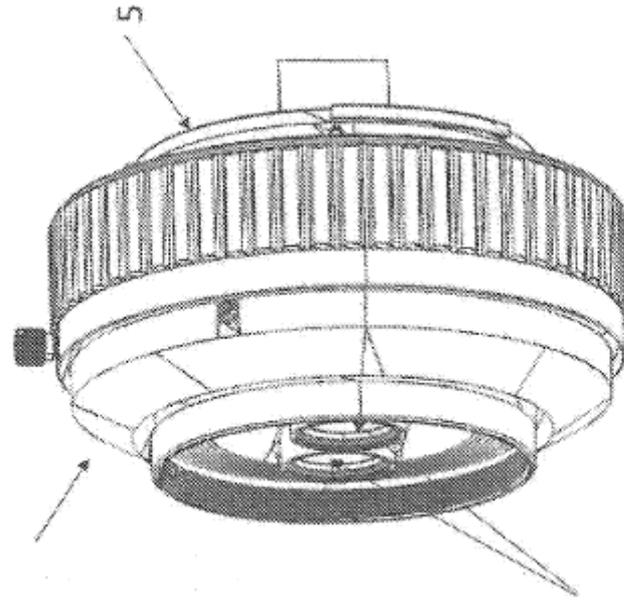


Figura 2b

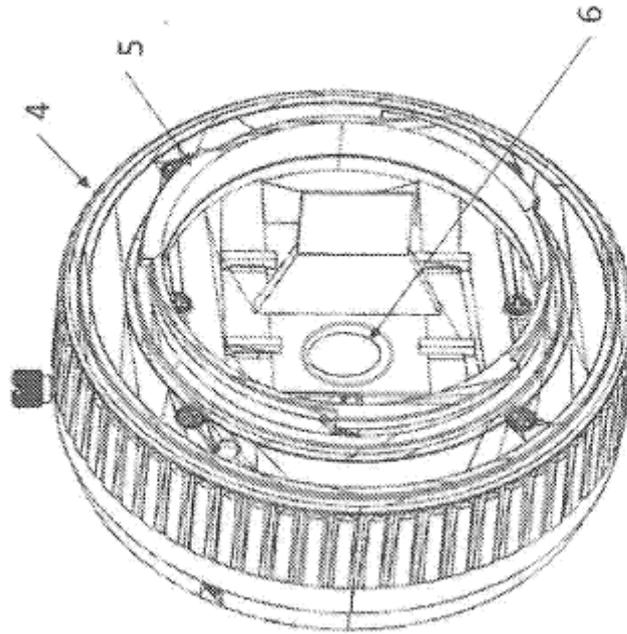


Figura 2a

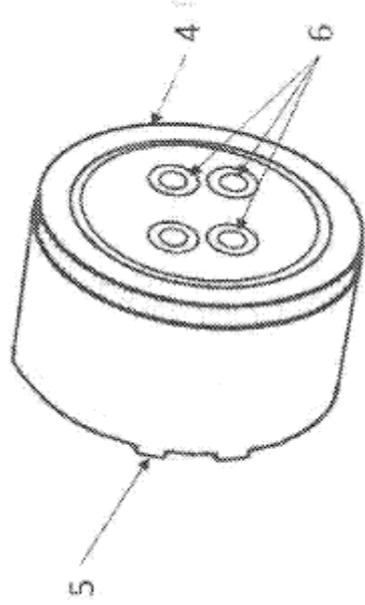


Figura 2c

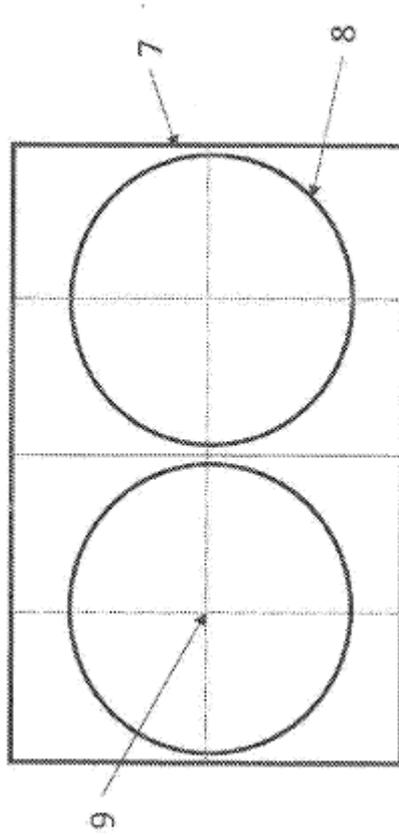


Figura 3



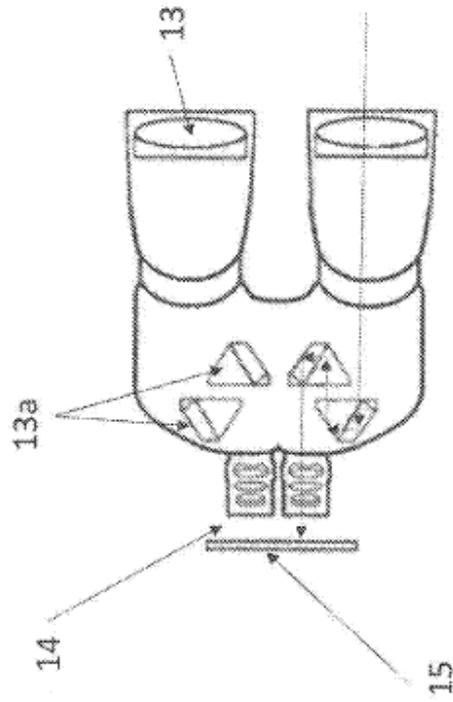


Figura 5

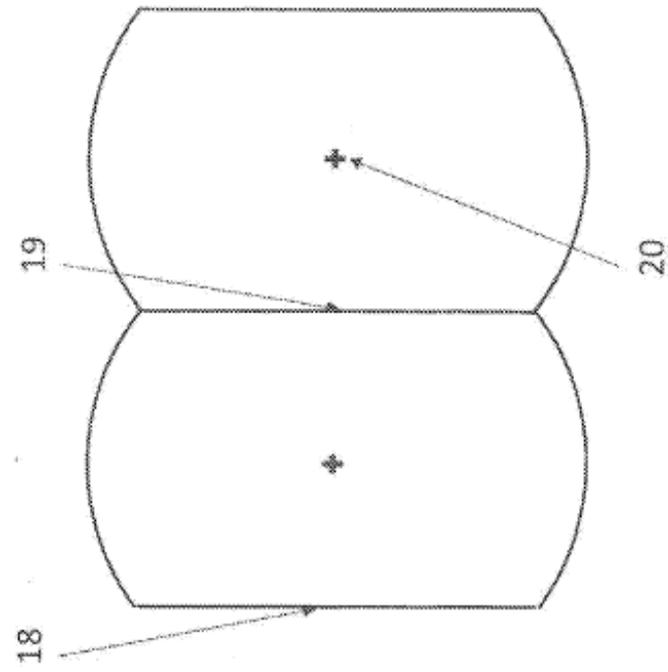


Figura 6a

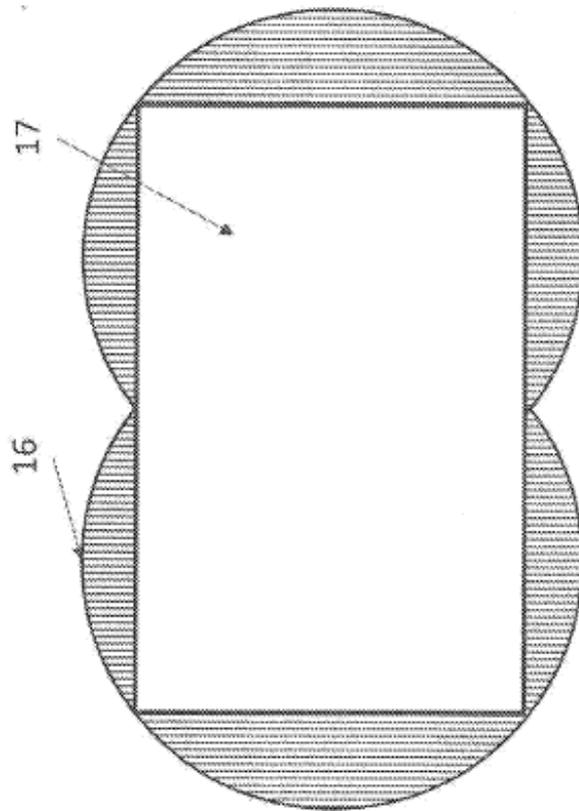


Figura 6b

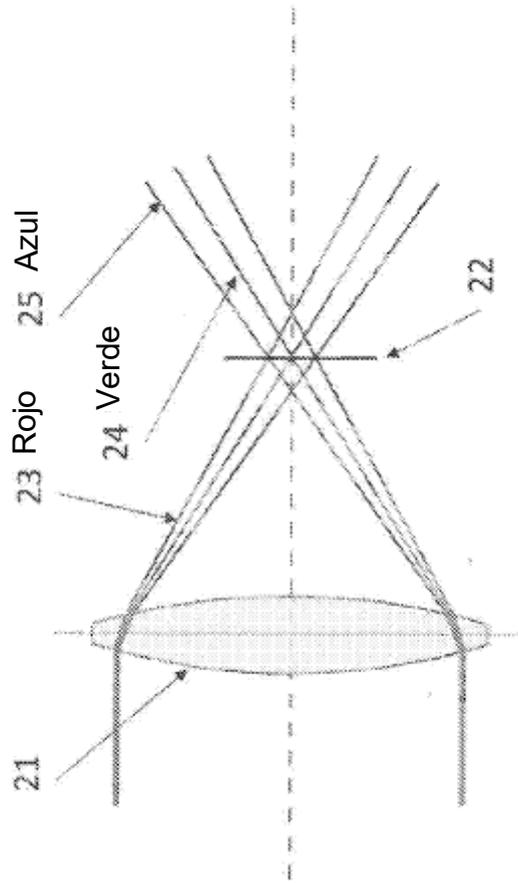


Figura 7

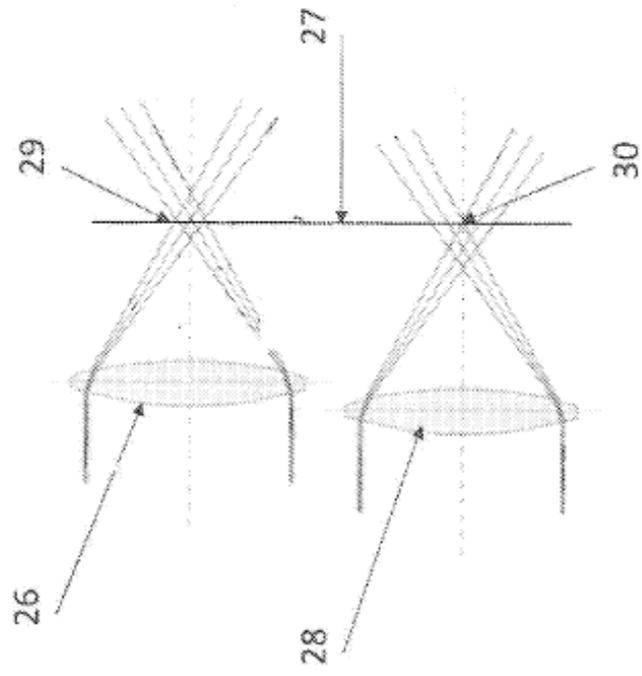


Figura 8

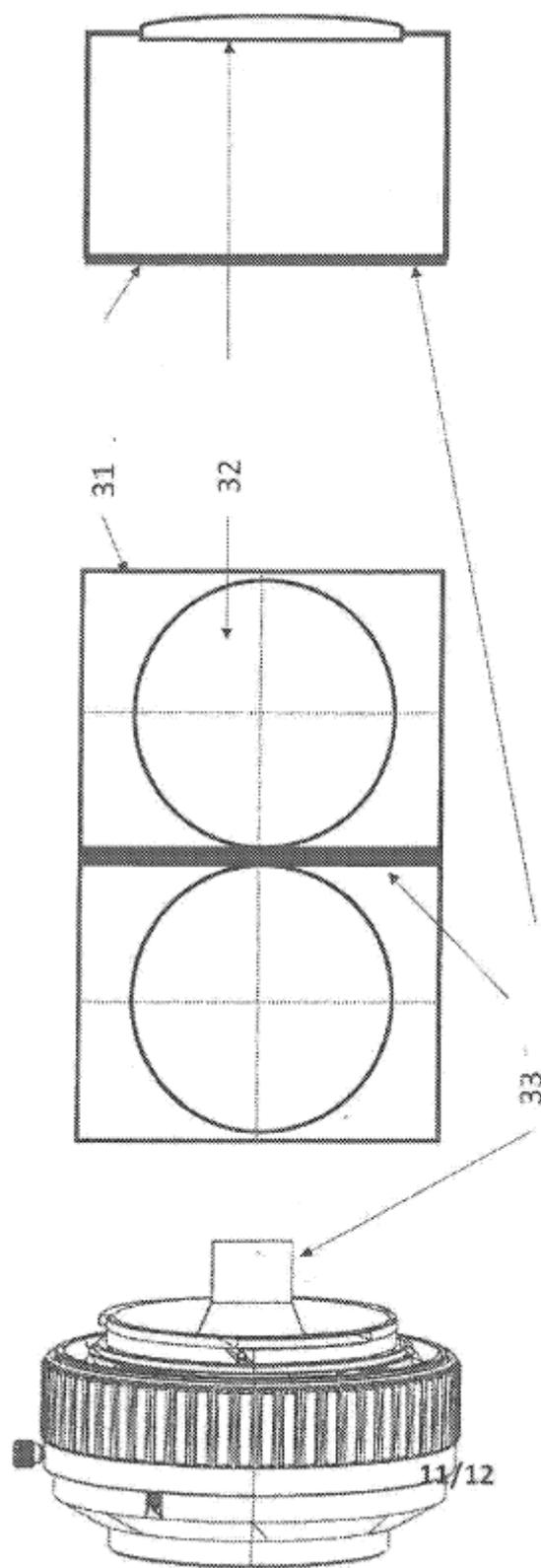


Figura 9c

Figura 9b

Figura 9a

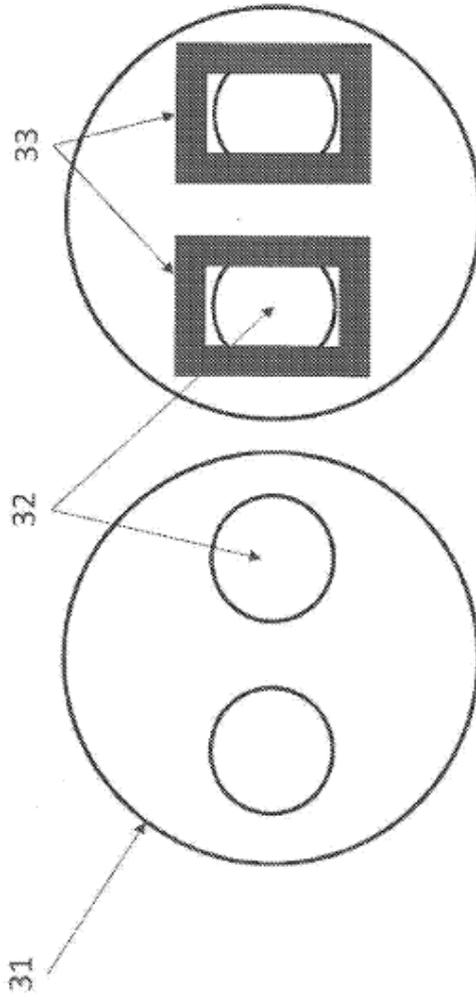


Figura 10b

Figura 10a

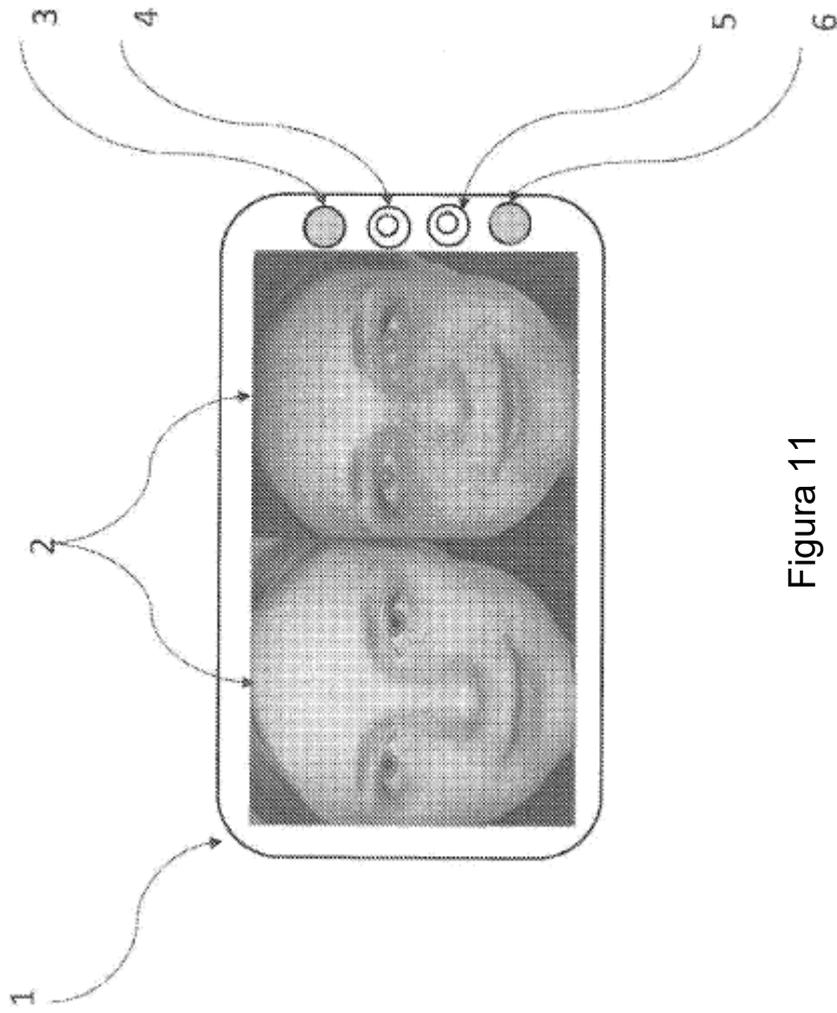


Figura 11