

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 672 352**

51 Int. Cl.:

G01C 11/02 (2006.01)
G03B 35/02 (2006.01)
G03B 35/08 (2006.01)
H04N 13/02 (2013.01)
G03B 15/02 (2006.01)
G03B 35/00 (2006.01)
H04N 13/00 (2008.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.04.2015** **E 15020061 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.03.2018** **EP 2952851**

54 Título: **Dispositivo para la reconstrucción de un par de imágenes de estereofotogrametría**

30 Prioridad:

04.06.2014 FR 1401282

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

14.06.2018

73 Titular/es:

QUANTIFICARE S.A. (100.0%)
1180 route des Dolines Batiment Athena B
06560 Valbonne, FR

72 Inventor/es:

THIRION, JEAN-PHILIPPE y
PLASSMANN, PETER

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 672 352 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

Dispositivo para la reconstrucción de un par de imágenes de estereofotogrametría

La presente invención se refiere al campo de la reconstrucción de superficies en tres dimensiones a partir de un par de imágenes adquiridas por estereofotogrametría, denominadas par estéreo.

5 Cada imagen del par estéreo se adquiere siguiendo un ángulo de visión diferente. El cerebro humano posee la capacidad de interpretar este par estéreo y de reconstruir mentalmente la tercera dimensión.

10 los cartógrafos han usado abundantemente la técnica de estereofotogrametría por fotografía analógica o digital en el marco de estudios topográficos establecidos a partir de vistas aéreas. De este modo, los cartógrafos reconstruyen las líneas de nivel que permiten el trazado del relieve sobre unos mapas. La estereofotogrametría se ha utilizado después en numerosas aplicaciones, entre las cuales la reconstrucción en tres dimensiones de objetos industriales o bien la reconstrucción de la superficie de la piel para aplicaciones cosméticas o medicinales.

15 La llegada de los ordenadores y de la digitalización de las fotografías ha permitido el desarrollo del tratamiento de imágenes digitales. Entre las primeras aplicaciones del tratamiento de imágenes digitales se encuentra la reconstrucción semiautomática o automática de superficies en tres dimensiones a partir de un par estéreo. La obra "Photogrammetry 1. Fundamentals and standard processes", 4ª edición, de Karl Kraus y Peter Waldhausl, de ediciones Bonn Dümmler, 1993, y traducido al francés por Pierre Grussenmeyer y O. Reis con el nombre de "Manuel de photogrammétrie, principes et procédés fondamentaux" de ediciones Hermes, 1998, es un excelente libro introductorio que describe los principios de la reconstrucción en 3D por estereofotogrametría por ordenador.

20 El principio, ilustrado en la figura 1 que se adjunta en el anexo, consiste en medir con precisión las características geométricas y modelizar los objetivos (OA) y (OB) que han permitido la adquisición de las dos imágenes del par estéreo. Esta etapa se denomina calibración. Con las ópticas calibradas, al reconocer la posición (PA) y (PB) en cada una de las dos imágenes (A) y (B) de un mismo punto físico (P) de la superficie del sujeto (S) se definen con precisión dos líneas en el espacio que tienen como intersección el punto (P) de la superficie del sujeto.

25 La reconstrucción estereoscópica por ordenador se efectúa, por tanto, siguiendo dos grandes principios: el conocimiento de la geometría de los sistemas de adquisición por calibración y la identificación de puntos comunes entre las dos imágenes del par estéreo. Una manera habitual de identificar un punto en las dos imágenes es la utilización de la correlación de imágenes, que es máxima cuando se compara una ventana en torno a la imagen de un mismo punto en las dos imágenes del par estéreo.

30 Con el fin de volver el sistema de adquisición de imágenes por estereofotogrametría más compacto, se han desarrollado dispositivos para permitir tomar las dos imágenes del par estéreo con un aparato fotográfico único en lugar de disponer de dos aparatos fotográficos independientes.

35 Una primera forma de realizar un sistema de estereofotogrametría compacto se ilustra en la figura 2 que se adjunta en el anexo. El sistema comprende un aparato fotográfico (5) único y un separador de imágenes a base de espejos lo que permite separar en dos la imagen que llega sobre el sistema óptico. Para ello, el experto en la materia utiliza en general dos espejos exteriores (1A) y (1B), denominados "espejos secundarios", separados a la distancia aproximada de los ojos humanos y dos espejos interiores (3A) y (3B), opuestos a los primeros, denominados "espejos primarios" y que reenvían, a continuación, la imagen sobre un sistema óptico (4). Al ser la luz natural por lo general insuficiente para las necesidades fotográficas, se utiliza una fuente luminosa (2) potente, colocada sobre el aparato fotográfico.

40 Tal sistema, constituido por un aparato fotográfico, un flash único y un separador de imágenes ha sido puesto a punto por uno de los autores y se describen en la publicación "MAVIS: a non-invasive instrument to measure area and volume of wounds. Measurement of Area and Volume Instrument System.", Plassmann P, Jones TD, Med Eng Phys 1998;20(5):332-8. La figura 2 adjunta describe un mecanismo basado en un separador de imágenes cercano al sistema propuesto por los autores de esta publicación.

45 Otra manera de realizar un sistema de estereofotografía que comprende un aparato fotográfico único es utilizar un juego de lentes independiente para cada una de las dos imágenes. Tal sistema, constituido por un aparato fotográfico, un flash único y dos ópticas independientes ha sido puesto a punto por la sociedad FUJI y se han difundido comercialmente con el nombre FUJI FinePix 3D W3. La figura 3 adjunta describe un mecanismo basado en dos sistemas de lentes distintos, donde (S) es el sujeto examinado, (5) es el aparato fotográfico, (OA) y (OB) las dos ópticas independientes y (2) el flash único.

50 Estos sistemas construidos sobre un aparato único, en general, dan buenos resultados de reconstrucción en 3D salvo si la superficie examinada refleja con demasiada intensidad la luz del flash debido a un fenómeno denominado "reflejo especular".

55 De hecho, una superficie física tiene dos maneras principales de reenviar la luz: por una parte, la difusión y, por otra parte, la reflexión especular. La difusión consiste en reenviar la luz recibida de manera uniforme al espacio sea cual

sea el ángulo de incidencia. La difusión es propia de las superficies mates. la segunda manera de reenviar la luz es reflejarla como lo hace un espejo, con un ángulo de reflexión idéntico al ángulo de incidencia sobre la superficie, siguiendo la ley de Snell-Descartes para la reflexión. esta reflexión de espejo es característica del reflejo especular y de las superficies brillantes. La reflexión de una fuente luminosa sobre un objeto reflectante se denomina mancha especular, ya que la fuente luminosa siempre presenta cierta extensión y las propiedades de la superficie reflectante concentran asimismo más o menos esta luminosidad en la dirección reflejada.

Este fenómeno de reflexión especular crea un problema para los algoritmos de reconstrucción de superficies 3D, ya que la mancha especular vista por cada una de las dos ópticas se encuentra desfasada entre la imagen de la izquierda y la imagen de la derecha de tal manera que hace que el procedimiento de identificación de puntos crea que la mancha no se encuentra sobre la superficie a reconstruir, sino a una distancia más alejada de la superficie a reconstruir.

En el caso de una superficie curva convexa, la mancha especular reconstruida se encuentra en el emplazamiento virtual del flash reflejado por la superficie reflectante. Se sitúa entre la superficie y hasta el doble de la distancia entre la superficie y el flash, en función de la curvatura de la superficie. De este modo, el punto identificado como el que tiene la máxima correlación resulta ser la imagen espejo del flash sobre la superficie reflectante, creando sobre la superficie reconstruida un pico artificial hacia atrás de la superficie en el lugar de la mancha especular.

La figura 4, que se adjunta como anexo, describe geoméricamente este fenómeno en el caso de un objeto que se refleja de forma convexa tal como una esfera y de utilización de un mecanismo de estereofotogrametría basado sobre un aparato fotográfico (5) único provisto de una fuente luminosa (2) única y de una doble óptica (OA) y (OB). La fuente luminosa (2) produce un reflejo especular visto en diferentes posiciones sobre la superficie de la esfera por la óptica (OA) y por la óptica (OB), lo que crea un desplazamiento de la estimación de la superficie estimada (P') hacia atrás de la escena y no sobre la superficie del sujeto (S) examinado.

Una manera de reducir el efecto especular es la utilización de un cristal esmerilado sobre el flash, lo que permite agrandar la mancha especular y volverla más difusa. No obstante, salvo que se reduzca totalmente la intensidad del flash, esta mancha, si bien está atenuada, aun así permanece presente en la reflexión de espejo y es susceptible de crear un artefacto de reconstrucción.

Otra manera consiste en utilizar el principio de la polarización cruzada. La polarización actúa a modo de peine sobre la luz. Si se sujetan dos peines en paralelo, el uno delante del otro, se ve entre los dientes de los dos peines. Por el contrario, si se sujetan los dos peines en perpendicular, ya no puede verse prácticamente nada a través. La reflexión difusa es insensible a la polarización, mientras que la reflexión especular reenvía la luz con la misma dirección de polarización que la luz incidente. Utilizando un filtro polarizador direccional sobre el flash y un filtro polarizador con una orientación perpendicular a esta dirección sobre las dos ópticas, se elimina prácticamente cualquier reflejo especular en las imágenes del par estéreo. Esta técnica de polarización cruzada ha sido utilizada, en concreto, por los autores en una versión anterior del sistema. Lamentablemente, la polarización cruzada le resta muchísima luminosidad a la imagen y vuelve las imágenes de la piel muy alejadas de la percepción humana haciendo que destaquen mucho las rojeces de la piel. Otra manera de evitar este problema, siempre basándose en la polarización y puesta a punto de los autores, consiste en utilizar una polarización cruzada "inversa" entre los flashes y las ópticas, de manera que el flash izquierdo ilumine la óptica derecha y que el flash derecho ilumine la óptica izquierda, tal y como se describe en el registro de patente inglesa GB 2 468 138 A (UGSC [GB]) del 1 de septiembre del 2010 (2010-09-01). Este principio de polarización cruzada se ha retomado en la cámara 3D LifeViz, tal y como se presenta en HANS SKVARA ET AL.: "Quantification of Skin Lesions with 3D stereovision camera system: validation and clinical applications", SKIN RESEARCH AND TECHNOLOGY, vol. 19, N.º 1, del 20 de febrero del 2013 (2013-02-20), páginas e182-e190, XP055139368, ISSN: 0909-752X, DOI:10.1111/j. 1600-0846.2012.00625.x, así como en la cámara 3D LifeViz II tal y como se describe, por ejemplo, en el informe "Exhibition Watch Report - In-Cosmetics 2013", 2013, XP055139703, París, páginas 8 y 9. Todos estos sistemas descritos reducen los artefactos producidos por la mancha especular pero disminuyen en gran medida la luminosidad de las imágenes a causa de la polarización, lo que no resulta deseable.

Por último, un número muy reducido de otros aparatos de estereofotogrametría hacen aparecer dos flashes separados con el objetivo, no ya de reducir los artefactos de reconstrucción debidos a los reflejos especulares, sino con el de reducir las sombras proyectadas sobre el sujeto examinado. Se trata, por ejemplo, del aparato descrito en la patente japonesa JP 2001 290227 A (MINOLTA CO LTD) del 19 de octubre del 2001 (2001-10-19) o bien del aparato "Holga", como se describe en "The Holga Manual", 2011, páginas 1-39, XP055140095. Los aparatos descritos no están provistos de medios de cálculo que permitan la reconstrucción de la superficie y, por tanto, con mayor motivo, sin una adaptación que permita aprovechar un desdoble del flash para reducir el efecto de la mancha especular.

El principio de la presente invención es el de haber descubierto que sustituyendo la fuente luminosa única del aparato fotográfico por dos fuentes luminosas separadas a la misma separación que las dos ópticas de la óptica doble sin polarización, alineadas sobre estas dos ópticas y utilizando una técnica de reconstrucción de superficie adaptada conlleva la reducción de artefactos de reconstrucción de superficies vinculados con los reflejos especulares de las fuentes luminosas.

De hecho, el hecho de disponer de dos fuentes, según la invención, crea 4 posiciones virtuales para la reconstrucción de un punto especular en 3 dimensiones. Las figuras 5A, 5B, 5C y 5D ilustran estas cuatro posiciones.

5 En las figuras 5A, 5B, 5C y 5D, (S) es el sujeto examinado, (OA) y (OB) son las dos ópticas de la óptica doble, (2A) y (2B) son las dos fuentes luminosas, estando (2A) alineada con la óptica (OA) y (2B) alineada con la óptica (OB) y (5) es el aparato fotográfico único.

La figura 5A muestra el punto (AA-AB) reconstruido utilizando la fuente luminosa (2A) tal y como la ven las ópticas (OA) y (OB).

10 La figura 5B muestra el punto (BA-BB) reconstruido utilizando la imagen de la fuente luminosa (2B) tal y como la ven las ópticas (OA) y (OB).

La figura 5C muestra el punto (AB-BA) reconstruido utilizando la imagen de la fuente luminosa (2A) vista por la óptica (OB) y la imagen de la fuente luminosa (2B) tal y como la ve la óptica (OA).

La figura 5D muestra el punto (AA-BB) reconstruido utilizando la imagen de la fuente luminosa (2A) vista por la óptica (OA) y la imagen de la fuente luminosa (2B) tal y como la ve la óptica (OB).

15 Solo la configuración de la figura 5C conlleva la reconstrucción de un punto (AB-BA) situado efectivamente sobre la superficie del sujeto (S) o muy cercano a la misma. Para lograr reconstruir convenientemente la superficie 3D, solo queda elegir para el algoritmo de reconstrucción 3D la buena posibilidad de entre las cuatro posibilidades de establecimiento de correspondencia posibles de puntos entre la imagen A y la imagen B, es decir, la posibilidad (AB-BA) correspondiente a la configuración de la figura 5C.

20 Una manera de realizar esta selección es considerar de entre los cuatro puntos de correspondencia posibles para una mancha especular el punto más cercano al dispositivo en el caso de una superficie convexa y el punto más alejado en el caso de una superficie cóncava. Nuestros experimentos han demostrado que gracias a la invención y de manera inesperada, se obtienen muy buenos resultados para la reconstrucción 3D de superficies que presentan reflejos especulares y esto para varios procedimientos diferentes de puesta en correspondencia de puntos sin modificaciones específicas de estos procedimientos, salvo evidentemente en lo que respecta a la selección del punto de entre las 4 soluciones posibles sobre los criterios geométricos descritos anteriormente.

25 El dispositivo, según la invención, tiene, por tanto, como objetivo mejorar los algoritmos de reconstrucción de superficie 3D por estereofotogrametría reduciendo los artefactos de reconstrucción debidos a los reflejos especulares sobre las superficies examinadas.

30 Comprende, en efecto, unos medios de cálculo que permiten la reconstrucción de superficie mediante una búsqueda de puntos correspondientes en cada una de las dos imágenes de un par estéreo y un aparato fotográfico digital único provisto de una óptica doble sin polarización y de dos fuentes luminosas separadas, que tienen la misma separación que la óptica doble y están colocadas en alineación con la óptica doble con respecto al sujeto.

35 La alineación se entiende en el sentido en el que si las dos ópticas de la óptica doble se separan siguiendo un eje dado, la alineación entre la fuente luminosa y la óptica correspondiente se hace siguiendo el eje perpendicular al eje de las dos ópticas. De este modo, si el eje de separación de las dos ópticas es horizontal como en el caso de la visión humana, la alineación de cada fuente luminosa con la óptica correspondiente se hace de manera vertical. Las dos fuentes luminosas se colocan de la manera más cercana posible a la óptica doble, a la vez que se evita las sombras proyectadas por las fuentes luminosas con respecto al propio aparato sobre el sujeto y evitando, asimismo, una iluminación directa del interior de las ópticas por las fuentes luminosas.

40 Los medios de cálculo son tales que permiten elegir de entre cuatro posibilidades de emparejamiento posibles la solución de emparejamiento más cercana al dispositivo para una superficie convexa y la solución más alejada para una superficie cóncava.

Según los modos particulares de realización:

- 45
- Las dos fuentes luminosas pueden colocarse indistintamente ambas por encima o ambas por debajo de la óptica doble sin cambiar la naturaleza de la invención.
 - La óptica doble puede realizarse por medio de un juego de espejos.
 - La óptica doble puede realizarse por medio de dos juegos de lentes independientes.
- 50
- La imagen de cada óptica puede recogerse por medio de una superficie fotosensible única o de dos superficies fotosensibles separadas.
 - Las dos fuentes luminosas están realizadas por medio de una fuente luminosa única y de un juego de espejos.
 - Las dos fuentes luminosas pueden estar ligeramente desplazadas por razones de construcción del aparato fotográfico y de iluminación parásita en las dos ópticas generadas por las dos fuentes luminosas, a la vez que permanecen alineadas con la óptica correspondiente con respecto al sujeto examinado.

Los dibujos adjuntos de las figuras 1 a 4 sirven para comprender el estado de la técnica e ilustran el problema técnico que se pretende resolver. Las figuras 5A, 5B, 5C y 5D explican cómo resuelve la invención el problema técnico. Las figuras 6, 7 y 9 ilustran unas variantes de la invención. De manera más precisa:

- 5 La figura 1 presenta el principio de la reconstrucción estereoscópica, bien conocido para el experto en la materia.
 La figura 2 presenta un aparato fotográfico único provisto de una óptica doble realizada con la ayuda de un juego de espejos y de una fuente luminosa única, correspondiente al estado de la técnica.
 La figura 3 presenta un aparato fotográfico único provisto de una óptica doble realizada a partir de dos ópticas separadas y de una fuente luminosa única, también correspondiente al estado de la técnica.
 La figura 4 presenta el problema técnico que se pretende resolver.
 10 Las figuras 5A, 5B, 5C y 5D permiten ilustrar cómo resuelve la invención el problema técnico.
 La figura 6 presenta una variante de la invención con la ayuda de espejos primarios y secundarios utilizados para la fabricación de la óptica doble.
 La figura 7 presenta una variante de la invención con la ayuda de dos ópticas independientes.
 La figura 8 presenta una realización de la invención donde las dos fuentes luminosas independientes de la
 15 invención se realizan a partir de una sola fuente luminosa y de un juego de espejos.
 La figura 9 presenta una variante de la invención en una realización donde las fuentes luminosas, si bien están desfasadas con respecto a las dos ópticas, permanecen en la alineación de la óptica y del sujeto.

20 Con referencia a estos dibujos y de manera más particular a la figura 9, el dispositivo consta de unos medios de cálculo (no representados) que permiten la reconstrucción de una superficie mediante una búsqueda de puntos correspondientes en cada una de las dos imágenes de un par estéreo y de un aparato fotográfico (5) único y dos ópticas (OA) y (OB) no polarizadas coronadas respectivamente por una fuente luminosa (2A) y una fuente luminosa (2B).

En el presente documento, el aparato fotográfico provisto de una óptica doble no polarizada debe interpretarse en un sentido amplio.

25 Una manera de realizar la invención consiste en construir el sistema de óptica doble utilizando un separador de imágenes realizado por medio de espejos. La separación puede realizarse con la ayuda de dos espejos secundarios (1A) y (1B) colocados lateralmente y que reciben cada uno la imagen del sujeto y reenviando la imagen para (1A) sobre un espejo primario (3A) y para (1B) sobre un espejo primario (3B). Los espejos primarios reenvían su imagen sobre una superficie fotosensible (6) a través de una combinación de lentes (4A) para el espejo (3A) y de una
 30 combinación de lentes (4B) para el espejo (3B). En ese caso, la óptica (OA) está constituida esencialmente por los espejos (1A) y (3A) y por el juego de lentes (4A) y la óptica (OB) está constituida esencialmente por los espejos (1B) y (3B) y por el juego de lentes (4B). En esta variante, la fuente luminosa (2A) está alineada verticalmente con el centro del espejo (1A) y la fuente luminosa (2B) está alineada verticalmente con el espejo (1B). Una variante de la invención consiste en sustituir las combinaciones de lentes (4A) y (4B) por una sola combinación de lentes (4). La
 35 superficie fotosensible (6) podrá a su vez ser única o bien estar constituida por dos superficies fotosensibles (6A) y (6B) diferentes que reciben, cada una, una de las dos imágenes del par estéreo.

Según otra variante de la invención, la óptica doble puede estar constituida por dos juegos de lentes (7A) y (7B) independientes que reenvían directamente, cada uno, una imagen sobre una superficie fotosensible (6) y que no precisan un juego de espejos para separar las dos imágenes del par estéreo. El juego de lentes (7A) constituye entonces lo esencial de la óptica (OA) y el juego de lentes (7B) constituye lo esencial de la óptica (OB). En esta
 40 variante, la fuente luminosa (2A) está alineada verticalmente con el juego de lentes (7A) y la fuente luminosa (2B) está alineada verticalmente con el juego de lentes (7B). En este caso también, la superficie fotosensible (6) podrá ser única o bien estar constituida por dos superficies fotosensibles (6A) y (6B) diferentes que reciben, cada una, una de las dos imágenes del par estéreo. Una alternativa a la solución propuesta por la invención consiste en eliminar físicamente las configuraciones (AA-AB), (BA-BB) y (AA-BB) de las respectivas figuras 5A, 5B y 5D haciendo de
 45 manera que la fuente luminosa (2A) solo ilumine la óptica (OB) y que la fuente luminosa (2B) solo ilumine la óptica (OA), siguiendo así la configuración (AB-BA) de la figura 5C.

Una forma de realizar esta alternativa es tomar las dos imágenes del par estéreo de manera asíncrona, utilizando en un primer tiempo la fuente luminosa (2A) para tomar la imagen únicamente con la óptica (OB), después, utilizando
 50 en un segundo tiempo la fuente luminosa (2B) para tomar la imagen únicamente con la óptica (OA). Las alineaciones entre las fuentes luminosas (2A) y (2B) y las ópticas (OA) y (OB) respectivas son aproximadas. De hecho, cuanto más alejado está el objeto del aparato menos sensibles son las diferencias de alineación entre la fuente luminosa y la óptica en lo que respecta a la precisión de la superficie reconstruida.

Otras combinaciones distintas a las descritas en las figuras 6 y 7 son posibles, que comprenden, por ejemplo, un solo sistema de lentes en lugar de dos en el caso del separador de imágenes de la figura 6 o que comprenden, por ejemplo, una sola superficie fotosensible en el caso de los dos sistemas de lentes separados de la figura 7 sin que esto cambie la naturaleza de la invención. El dispositivo según la invención utiliza un separador que permite separar la luz emitida por una sola fuente luminosa (2) física en dos fuentes (2A) y (2B) virtuales y que tienen la separación
 55 requerida. Un mecanismo para realizar este separador consiste en utilizar un juego de espejos equivalente al juego de espejos utilizado para separar una imagen y está colocado esta vez delante de la fuente luminosa (2) principal,
 60

5 como se ilustra en la figura 8. La luz de la fuente luminosa (2) principal se refleja entonces sobre unos espejos primarios (8A) y (8B) que están opuestos a la misma, después sobre un juego de espejos secundarios (9A) y (9B) que reenvía la luz hacia el sujeto. Que nosotros sepamos, no existe ningún sistema de estereofotografía de este tipo, es decir, constituido por una óptica doble y un separador de luz a base de espejos que permiten definir dos fuentes luminosas virtuales separadas a la misma separación que la óptica doble, lo que constituye en sí mismo una invención, que permite a la vez la reducción de los problemas de sombreado sobre un par estéreo y la reducción de los artefactos debido a los reflejos especulares y constituye una invención que conduce en nuestra solicitud de registro a una reivindicación independiente ya que no necesita medios de cálculo para implementarse.

10 En todos los casos de las variantes de la invención y en el caso de la invención, si las fuentes luminosas o las fuentes luminosas virtuales están colocadas ligeramente por detrás de la óptica doble, podría resultar ventajoso separar las fuentes luminosas o las fuentes luminosas virtuales ligeramente más que la separación de la óptica doble, con el fin de que los dos ejes de alineación entre fuentes luminosas y ópticas converjan hacia un punto correspondiente a la distancia esperada del sujeto (S). Cabe destacar que no es necesario que esta colocación sea exacta, ya que las dos fuentes luminosas tienen cierta extensión en el espacio y la posición esperada del objeto es a su vez aproximada. Para una variante de la invención esta optimización de colocación de las fuentes luminosas en función de la separación de las dos ópticas de la óptica doble, de su posición en el espacio y de la posición esperada del sujeto está ilustrada en la figura 9 adjunta.

15 El dispositivo según la invención está destinado, en particular, a adquirir parejas de imágenes de estereofotogrametría para la reconstrucción de superficies en tres dimensiones.

20

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo fotográfico para la reconstrucción de superficies en tres dimensiones a partir de un par estéreo de imágenes de un sujeto (S) de estereofotogrametría, que comprende
- unos medios de cálculo que permiten la reconstrucción de superficies mediante una búsqueda de puntos de correspondencia entre cada una de las dos imágenes del par estéreo, y
 - un aparato fotográfico (5) único provisto
 - de un sistema de óptica (OA, OB) doble no polarizada y
 - de una fuente luminosa única cuya luz es reenviada por un juego de espejos primarios colocados opuestos a la fuente luminosa, reenviando la luz sobre un juego de espejos secundarios colocados opuestos al juego de espejos primarios y reenviando ellos mismos la luz hacia el sujeto (S), creando así
- dos fuentes luminosas (2A, 2B) virtuales que tienen la misma separación que la óptica doble y colocadas en alineación con esta óptica doble, de tal manera que una primera de las fuentes luminosas (2A) virtuales esté alineada con una primera de las ópticas (OA) y una segunda de las fuentes luminosas (2B) esté alineada con una segunda de las ópticas (OB) con respecto al sujeto (S),
- estando los medios de cálculo configurados para elegir entre cuatro posibles soluciones de emparejamiento para la reconstrucción de una mancha especular la posición geométrica más cercana al aparato fotográfico para una superficie convexa y la más alejada para una superficie cóncava, comprendiendo las cuatro soluciones: el emparejamiento del reflejo de la primera fuente luminosa (2A) virtual visto por las ópticas (OA) y (OB), el emparejamiento del reflejo de la segunda fuente luminosa (2B) virtual visto por las ópticas (OA) y (OB), el emparejamiento, por una parte, del reflejo de la primera fuente luminosa (2A) virtual visto por la segunda óptica (OB) y, por otra parte, del reflejo de la segunda fuente luminosa (2B) virtual visto por la primera óptica (OA), el emparejamiento, por una parte, del reflejo de la primera fuente luminosa (2A) virtual visto por la primera óptica (OA) y, por otra parte, del reflejo de la segunda fuente luminosa (2B) virtual visto por la segunda óptica (OB).
2. Dispositivo según la reivindicación anterior, en el que las dos fuentes luminosas (2A, 2B) virtuales se colocan respectivamente justo por encima de la óptica (OA, OB) doble.
3. Dispositivo según la reivindicación 1, tal que las dos fuentes luminosas (2A, 2B) virtuales están colocados respectivamente justo por debajo de la óptica (OA, OB) doble.
4. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el sistema de óptica (OA, OB) doble está constituido por un juego de dos espejos secundarios (1A, 1B) que reciben, cada uno, una imagen del sujeto (S), que reenvían estas dos imágenes sobre un juego de espejos primarios (3A, 3B) opuestos al juego de espejos secundarios (1A, 1B) y que reenvían a su vez estas dos imágenes a través de una o varias lentes (4A, 4B) sobre una superficie fotosensible (6) que permite la memorización de estas dos imágenes en forma de imágenes de estereofotogrametría.
5. Dispositivo según la reivindicación 4, en el que las dos imágenes reenviadas por el sistema de espejos primarios (3A, 3B) están enfocadas por un sistema de lentes sobre la superficie fotosensible (6).
6. Dispositivo según la reivindicación 4, en el que las dos imágenes reenviadas por los espejos primarios (3A, 3B) se enfocan sobre dos superficie fotosensibles (6A, 6B) diferentes.
7. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el sistema de óptica (OA, OB) doble está constituido por dos sistemas ópticos (7A, 7B) distintos sin la utilización de espejos para la separación de las imágenes y enfocando las imágenes sobre dos superficies fotosensibles (6A, 6B) diferentes.
8. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el sistema de óptica (OA, OB) doble está constituido por dos sistemas ópticos (7A, 7B) distintos sin la utilización de espejos para la separación de las imágenes, enfocando los dos sistemas ópticos (7A, 7B) distintos las dos imágenes sobre una misma superficie fotosensible (6).
9. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 8, en el que las fuentes luminosas (2A, 2B) virtuales están colocadas ligeramente por detrás del sistema de óptica (OA, OB) doble y separados a una distancia ligeramente superior a la separación de las ópticas (OA, OB) del sistema de óptica doble de tal manera que el eje formado por la primera fuente luminosa (2A) virtual y la primera óptica (OA), y el eje formado por la segunda fuente luminosa (2B) virtual y la segunda óptica (OB) convergen en un punto situado a la distancia esperada del sujeto (S).

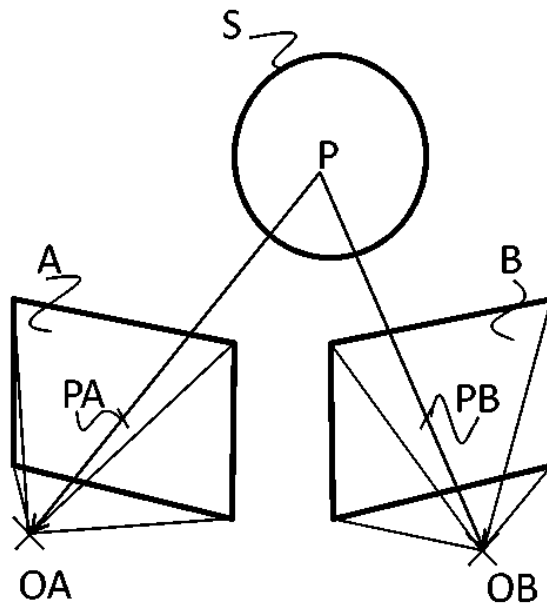


FIG. 1

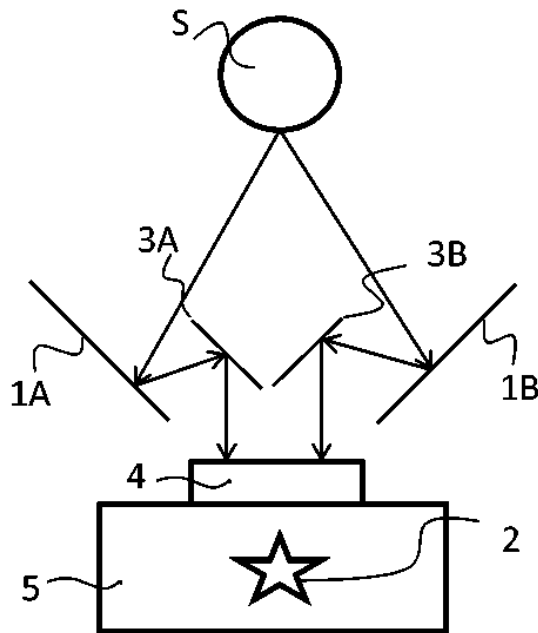


FIG. 2

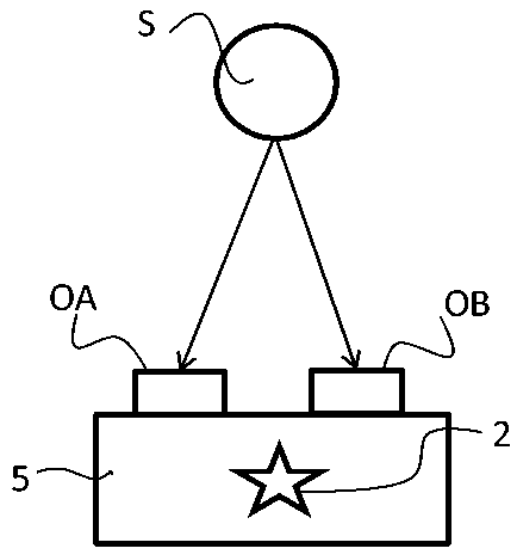


FIG. 3

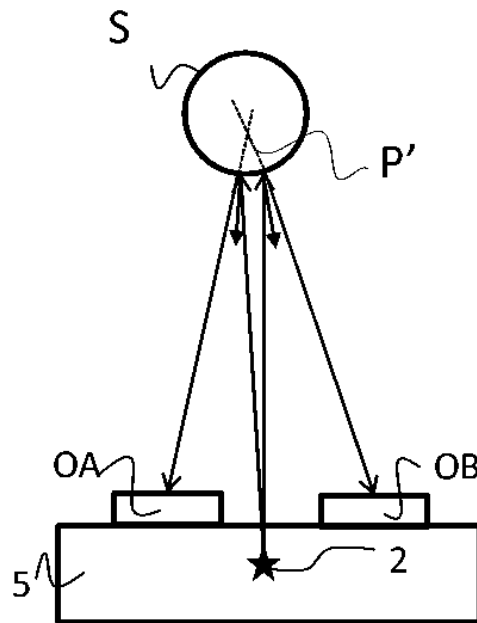


FIG. 4

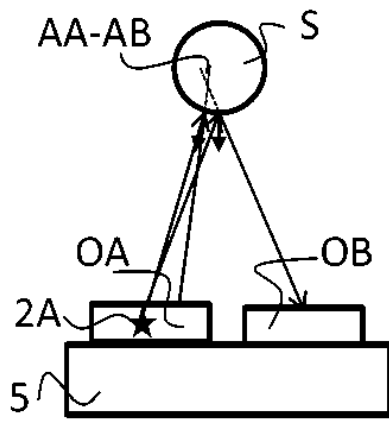


FIG. 5A

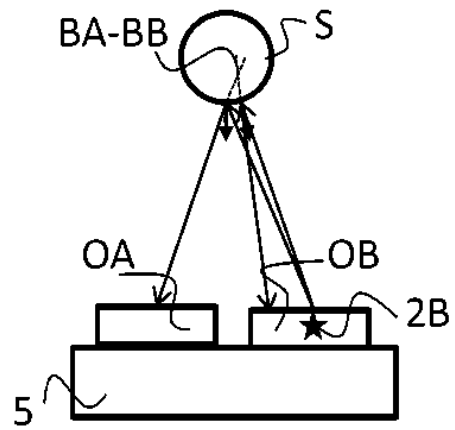


FIG. 5B

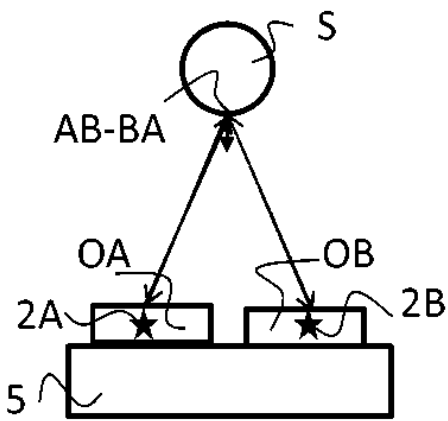


FIG. 5C

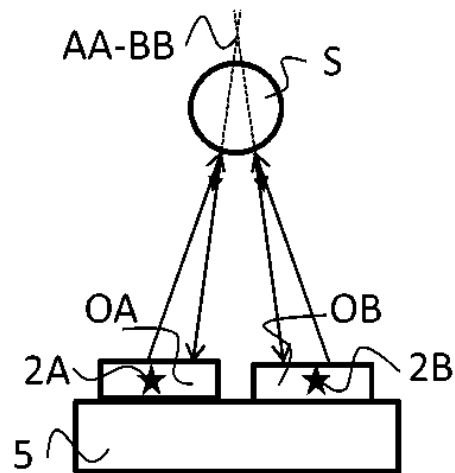


FIG. 5D

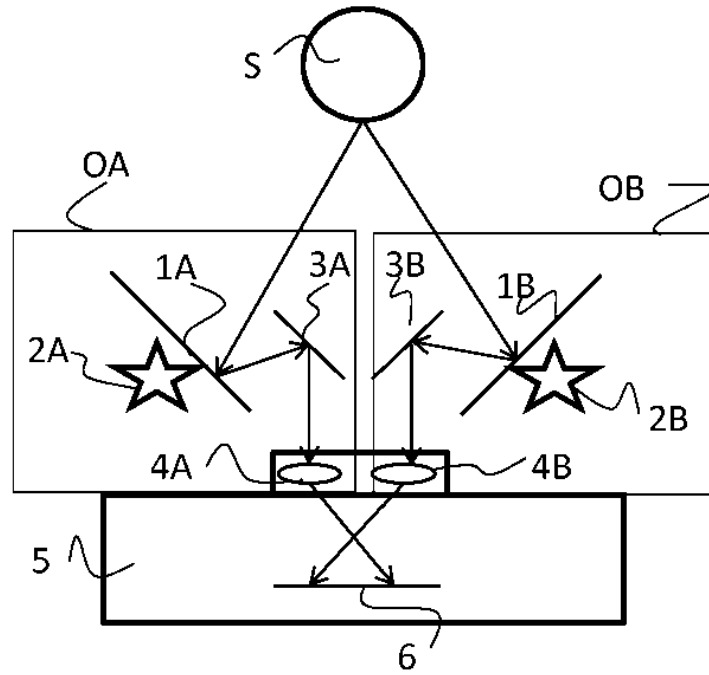


FIG. 6

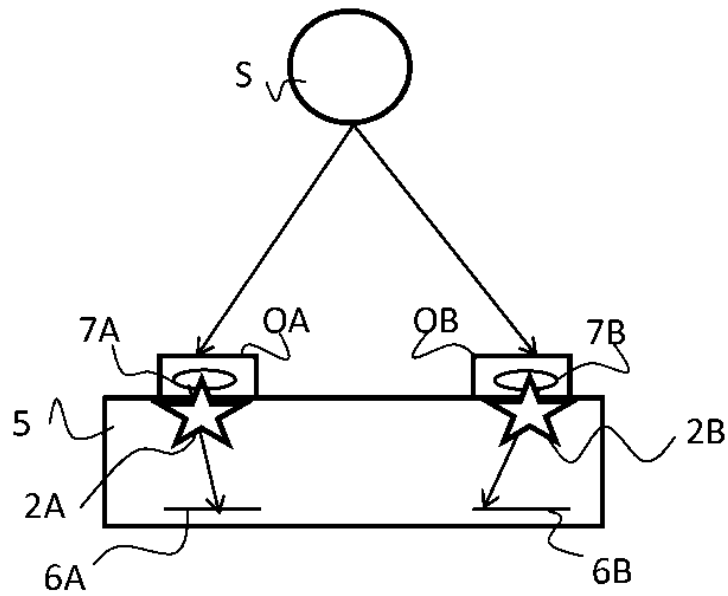


FIG. 7

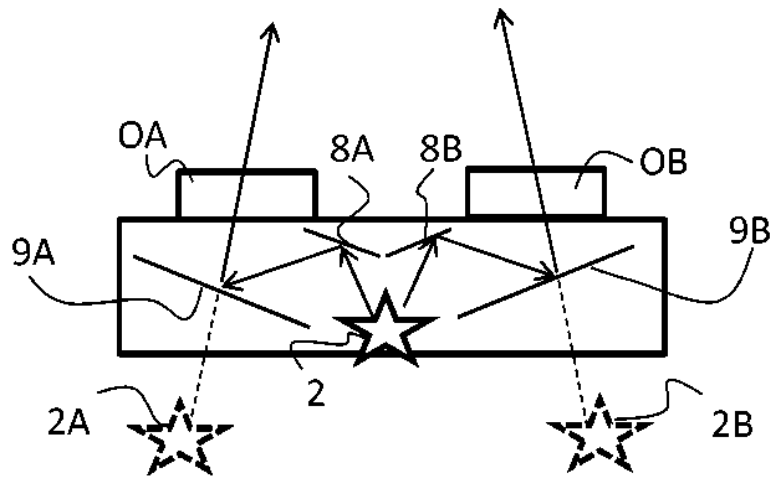


FIG. 8

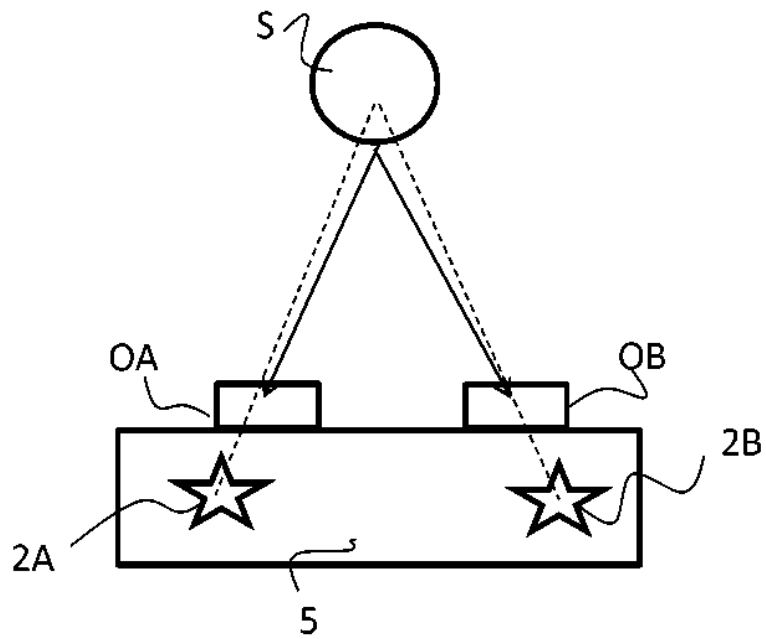


FIG. 9