

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 638 781**

51 Int. Cl.:

G01B 11/25

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.06.2014** **PCT/EP2014/062134**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.12.2014** **WO14202442**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.06.2014** **E 14731574 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.05.2017** **EP 2984445**

54 Título: **Incremento dinámico en la triangulación codificada por colores**

30 Prioridad:

21.06.2013 DE 102013211802

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

24.10.2017

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Werner-von-Siemens-Straße 1
80333 München, DE**

72 Inventor/es:

**EULER, HELMUTH;
RENTSCHLER, PETER y
SCHICK, ANTON**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 638 781 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

Incremento dinámico en la triangulación codificada por colores

La invención hace referencia a una disposición para medir la superficie de un objeto mediante triangulación codificada por colores.

5 Los métodos de triangulación ópticos se emplean ampliamente para medir superficies o toda la forma geométrica de objetos tridimensionales sin contacto directo. En general la triangulación es un método geométrico de la telemetría óptica mediante la medición angular dentro de triángulos. El cálculo se realiza así mediante funciones trigonométricas. En general se diferencia entre procedimientos de triangulación pasivos y activos. Los procedimientos activos poseen, al contrario que los pasivos, una unidad de proyector que proyecta luz estructurada sobre la superficie de un objeto. La unidad de proyector puede ser un proyector, o un láser, o un diodo láser. Según el estado de la técnica se proyecta luz sobre la superficie de un objeto a medir. La luz dispersada se muestrea a continuación mediante una cámara y se analiza bajo un ángulo fijo, el ángulo de triangulación. La línea que une la fuente luminosa y la cámara, así como los dos haces de luz desde y hacia el objeto a medir abarcan un triángulo, de tal manera que en el caso de una distancia conocida entre la fuente luminosa y la cámara, y conocidas las direcciones de los haces, puede determinarse la distancia entre la cámara y el objeto.

Para la medición tridimensional mediante triangulación codificada por colores se proyecta normalmente un patrón formado por bandas de colores, que es generada por ejemplo mediante una transparencia, bajo una dirección del haz prefijada, sobre el objeto a medir. Es ventajoso que las posiciones espaciales en el proyector se representen sobre la superficie del objeto codificadas por colores. En un ángulo fijo se analiza a continuación mediante una cámara la luz de colores dispersada. Debido a la forma curvada de la superficie del objeto las bandas de color sufren un desplazamiento de fase en función de la posición, a partir del cual finalmente puede determinarse la forma de la superficie. Sin embargo, las bandas de color en la imagen de la luz dispersada están sujetas a unas modulaciones de luminosidad, que son el resultado de la absorción y reflectividad que dependen localmente del propio color de la superficie del objeto. Asimismo se produce siempre una superposición con la luz del entorno, que casi siempre es de color. De este modo puede producirse por ejemplo como imagen de proyección un desplazamiento de los colores en el espacio de colores o bien los colores individuales pueden reconocerse con dificultad a causa de la pérdida de luminosidad. Según el estado de la técnica se intenta compensar esta pérdida dinámica con cámaras HDR. En particular para aplicaciones medicinales, sin embargo, hasta ahora no ha sido posible aprovechar esta tecnología a causa de los rápidos movimientos del objeto.

30 Por parte de la cámara se utilizan, según el estado de la técnica, sensores de imágenes con un sensor Bayer preconectado. El sensor Bayer presenta a este respecto tres regiones espectrales sensibles, que están situadas casi siempre en el azul, verde y rojo. De este modo la luz de color de la proyección de la superficie del objeto, antes de que incida sobre las superficies fotosensitivas del sensor de imágenes de la cámara, puede filtrarse espectralmente por colores. Sin embargo, la disposición para determinar el color es muy imprecisa, ya que en el caso de un sensor Bayer éste genera una interpretación de colores conocida. Alternativamente a las cámaras con sensor Bayer pueden utilizarse también cámaras de 3 chips, cuya separación decolores en comparación es algo mejor. La selección o separación imprecisa de los colores conduce en consecuencia a desviaciones de medición a la hora de determinar la forma tridimensional del objeto a medir. En el caso de una banda roja proyectada puede producirse también una señal verde, mediante una superposición de las regiones sensibles del sensor Bayer. En el caso de las superficies del objeto, que presenten una elevada dinámica de contraste, esto conduce a una valoración defectuosa de una banda de color y, de este modo, a la falta de muestreo para unas zonas superficiales que posiblemente deban rectificarse mediante un escaneado múltiple bajo determinados ángulos de triangulación.

45 En "Tecnología de proyección marginal binaria codificada por colores para medición de formas tridimensionales" (del inglés "Color-coded binary fringe projection technique or 3-D shape measurement"), Optical Engineering, tomo 44, nº 2, página 023606 (XP055142979), se propone una triangulación codificada por colores, en la que se utiliza una cámara CCD con filtros de color adaptados para el muestreo. Mediante los filtros de color adaptados puede casi impedirse una mala interpretación de diferentes colores.

El documento US 2012/229816 A1 describe una triangulación codificada por colores, en la que una cámara prevista para muestrear comprende un filtro de interferencias adaptado, en donde mediante el filtro de interferencias se seleccionan espacialmente diferentes longitudes de onda antes del muestreo.

El objeto de la presente invención consiste en producir una disposición para la triangulación, que haga posible una separación eficiente de regiones espectrales durante el análisis de una proyección de un patrón de colores proyectado sobre la superficie de un objeto a medir.

El objeto es resuelto mediante una disposición con las características de la reivindicación independiente. En las reivindicaciones dependientes se exponen unas conformaciones y unos perfeccionamientos ventajosa(o)s de la invención.

La disposición conforme a la invención comprende una unidad de proyector y al menos una cámara con un sensor de cámara, en donde la unidad de proyector proyecta un patrón de colores sobre una superficie de un objeto a medir. La cámara se usa para muestrear una proyección del patrón de colores proyectado sobre la superficie. El sensor de cámara es permeable o sensible a la luz en una primera, en al menos una segunda y una tercera región espectral, en donde las regiones espectrales sensibles están dispuestas según longitudes de onda ascendentes. Asimismo la disposición comprende un filtro de color, que es permeable en una primera, al menos una segunda y una tercera región de transmitancia espectral, en donde las regiones de transmitancia espectral individuales del filtro de color están separadas por parejas. Una longitud de onda de intervalo superior de la primera región de transmitancia espectral está situada en la primera región espectral sensible del sensor de cámara. Unas longitudes de onda de intervalo inferior y superior de la al menos una segunda región de transmitancia espectral están situadas en una segunda región espectral sensible del sensor de cámara, y una longitud de onda de intervalo inferior de la tercera región de transmitancia espectral está situada en la tercera región espectral sensible del sensor de cámara.

El sensor de cámara puede presentar un gran número de segundas regiones espectrales sensibles. También el filtro de color puede presentar un gran número de segundas regiones de transmitancia. A este respecto las longitudes de onda de intervalo inferior y superior de las segundas regiones de transmitancia están situadas respectivamente en una de las segundas regiones espectrales del sensor de cámara. Son convenientes sensores de cámara con cuatro regiones espectrales sensibles, de tal manera que se presenten dos segundas regiones espectrales. Las dos segundas regiones espectrales están situadas de este modo espectralmente entre la primera y la tercera región espectral del sensor de cámara.

En una conformación ventajosa el filtro de color está aplicado de tal manera, que la luz de color de la proyección de la superficie recorra primer el filtro de color y a continuación el sensor de cámara, en particular un sensor Bayer.

El filtro de color presenta al menos tres regiones de transmitancia espectral separadas por parejas, que están situadas ventajosamente en el espectro luminoso verde, azul y rojo. Es ventajoso conformar las regiones de transmitancia espectral en banda estrecha con una elevada pendiente de intervalo.

Por región de transmitancia del filtro de color debe entenderse aquella región espectral, que está limitada por una longitud de onda de intervalo inferior y una superior. Las longitudes de onda de intervalo superior e inferior son las longitudes de onda, con las que la transmisión del filtro de color ha descendido respectivamente hasta la mitad de la transmisión máxima. La longitud de onda de intervalo inferior presenta aquí una longitud de onda menor que la longitud de onda de intervalo superior. Normalmente la región de transmitancia del filtro de color recibe también el nombre de anchura de valor mitad.

Mediante la posición espectral de las longitudes de onda de intervalo de las regiones de transmitancia, con relación a las regiones espectrales sensibles del sensor de cámara, puede asociarse ventajosamente un color transmitido de la proyección de forma eficiente a una región de transmitancia espectral y de este modo, claramente, a una región espectral sensible del sensor de cámara. Es particularmente ventajoso que de este modo pueda impedirse una diafonía de los colores a la hora de muestrear con la cámara, de tal manera que aumente la precisión de medición así como la región dinámica. Es conveniente que las regiones de longitud de onda que se solapan en el sensor de cámara no se tengan en cuenta a la hora de muestrear mediante la utilización del filtro de color. De este modo pueden separarse por ejemplo bien los colores básicos azul, verde y rojo así como colores secundarios como el cian, magenta y blanco. En las regiones por fuera de las regiones de transmitancia espectral del filtro de color es conveniente limitar su transmisión al menos al 3%. Es particularmente conveniente una limitación de la transmisión a menos del o igual al 1%.

La distancia espectral entre longitudes de onda de intervalo opuestas puede ser de al menos 10 nm en una conformación ventajosa. De este modo se hace posible una elevada eficiencia luminosa. Son particularmente ventajosos 30 nm. De este modo se consigue una buena separación espectral, de tal manera que los colores pueden reconocerse o separarse de forma eficiente.

Una conformación ventajosa utiliza un filtro de color, cuya primera región de transmitancia espectral está situada por debajo de 480 nm en la región espectral azul, cuya al menos una segunda región de transmitancia espectral está situada en la verde entre 520 nm y 565 nm y cuya tercera región de transmitancia espectral está situada en el espectro luminosos rojo por encima de 600 nm. De este modo la distancia espectral entre longitudes de onda de intervalo opuestas es superior a 30 nm, de tal manera que es posible una asociación clara del color. Además de esto las regiones de transmitancia se encuentran respectivamente dentro de las regiones espectrales sensibles de un sensor de cámara normal. Las regiones de transmitancia espectral del filtro de color están adaptadas de este modo a un sensor de cámara normal, en particular a un sensor Bayer normal. Es ventajoso que el filtro de color y el sensor de cámara actúen en combinación como un sensor de cámara optimizado, que presente unas regiones espectrales

sensibles separadas claramente. Es particularmente ventajoso que las regiones de longitud de onda, que se solapan en un sensor de cámara normal, no se tengan en cuenta por ejemplo en una cámara de 3 chips. De este modo aumenta la seguridad de reconocimiento de los colores.

5 Conforme a la invención la unidad de proyector comprende el filtro de color. De este modo puede tratarse espectralmente la luz procedente de la unidad de proyector antes de su incidencia sobre la superficie de un objeto a medir.

10 El filtro de color está aplicado conforme a la invención en la unidad de proyector entre una fuente luminosa y una transparencia con patrón de colores. De esta forma se trata espectralmente la luz de la fuente luminosa ya antes de la transparencia con patrón de colores, de tal manera que es posible una asociación eficiente de los colores mediante el sensor de cámara. En una conformación particularmente ventajosa está aplicado un segundo filtro de color dentro de la carcasa de la cámara, de tal forma que antes de la proyección del patrón de colores sobre el objeto y antes de la detección de la proyección con la cámara tiene lugar respectivamente un filtrado de los colores. De este modo se evita la influencia de la luz ambiente de color en la seguridad de reconocimiento de los colores.

15 La fuente luminosa de la unidad de proyector puede estar configurada como fuente luminosa láser con al menos un láser. En una conformación ventajosa la longitud de onda del láser se encuentra en una región de transmitancia espectral del filtro de color.

De este modo es apoyado el filtro de color en la separación espectral eficiente de los colores.

20 La fuente luminosa de la unidad de proyector puede comprender tres fuentes luminosas láser, cuyas longitudes de onda están situadas en el espectro luminoso azul, verde y rojo. La longitud de onda de la fuente láser azul está situada ventajosamente dentro de la primera región de transmitancia espectral del filtro de color, longitud de onda de la fuente láser verde dentro de una segunda región de transmitancia espectral y longitud de onda de la fuente láser roja dentro de la tercera región de transmitancia espectral. De este modo es apoyado el filtro de color en la separación espectral eficiente de los colores.

25 La unidad de proyector puede estar configurada como proyector DLP. En una conformación ventajosa una rueda de colores existente en el proyector DLP es sustituida convenientemente por el filtro de color o se integra en una rueda de colores existente. De esta forma se limitan espectralmente los colores utilizados durante la proyección, de tal manera que para el análisis de la proyección con la cámara es posible una asociación eficiente de los colores.

A continuación se describe la invención en base a dos ejemplos de realización preferidos, haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

30 la figura 1 aclara las regiones espectrales sensibles de un sensor Bayer y las regiones de transmitancia espectral del filtro de color,

la figura 2 muestra una primera forma de realización no conforme a la invención de la triangulación codificada por colores, en la que el filtro de color está aplicado a la carcasa de la cámara,

35 la figura 3 muestra una segunda forma de realización de la triangulación codificada por colores, en la que el filtro de color está aplicado dentro de la unidad de proyector.

La figura 1 muestra un espectro, que aclara la posición espectral de una primera, una segunda y una tercera región espectral sensible 12, 14, 16 de un filtro de color 18. Las regiones espectrales sensibles 12, 14, 16 del sensor Bayer 10 se han representado como línea continua, mientras que las regiones de transmitancia espectral 20, 22, 24 del filtro de color 18 están representadas como líneas a trazos en forma rectangular. La abscisa 36 indica la longitud de onda en nm. La ordenada 38 indica el grado de transmisión del sensor Bayer 10 y del filtro de color 18 en%. En este ejemplo de realización la primera región espectral sensible 12 del sensor de Bayer 10 está situada en el espectro luminoso azul, la segunda región espectral sensible 14 en el espectro luminoso verde y la tercera región espectral sensible 16 en el espectro luminoso rojo. Una primera, segunda y tercera región de transmitancia espectral 20, 22, 24 del filtro de color 18 están situadas también en el espectro luminoso azul, verde y rojo. Conforme a la invención una longitud de onda de intervalo superior 26 de la primera región de transmitancia espectral 20 está situada dentro de la primera sensible 12 del sensor Bayer 10. Unas longitudes de onda de intervalo superior e inferior 28, 30 de la segunda región de transmitancia espectral 22 están situadas dentro de la segunda región espectral sensible 14 del sensor Bayer 10. Una longitud de onda de intervalo 32 de la tercera región de transmitancia espectral 24 está situada dentro de la tercera región espectral sensible 16 del sensor Bayer 10. Por ejemplo la longitud de onda de intervalo superior 26 de la primera región de transmitancia espectral 20 es aproximadamente de 460 nm. Las longitudes de onda de intervalo inferior y superior 28, 30 de la segunda región de transmitancia espectral 22 son después de forma preferida aproximadamente de 520 nm, respectivamente 560 nm, y la longitud de onda de intervalo inferior 32 de la tercera región de transmitancia espectral 24 es aproximadamente de 610 nm. De este

modo las regiones de transmitancia espectral 20, 22, 24 del filtro de color 18 están separadas y presentan además una distancia espectral en este ejemplo de 60 nm y 50 nm. De esta forma, si entra por ejemplo luz a través del filtro de color 18, después de esto se garantiza una seguridad de reconocimiento eficiente del color. Además de esto puede asociarse a los colores transmitidos mediante el filtro de color 18, claramente, una región espectral sensible 12, 14, 16 del sensor Bayer 10. En particular el filtro de color 18 está adaptado en este sentido al sensor Bayer 10.

La figura 2 muestra una primera disposición 1 no conforme a la invención para la triangulación codificada por colores de un objeto a medir. La disposición comprende una unidad de proyector 4 con una fuente luminosa 34 y una transparencia 6. La fuente luminosa 34 es por ejemplo una lámpara de luz blanca y contiene de este modo todos los colores del espectro luminoso. En particular azul, verde y rojo, que se presentan de forma preferida en los mismos porcentajes. La transparencia 6 presenta un patrón de colores, que se compone de forma preferida de bandas de colores azules, verdes y rojas. Asimismo la disposición 1 comprende una cámara 8 con un sensor de cámara 10, en particular con un sensor Bayer. El filtro de color 18 está aplicado por ejemplo dentro de la carcasa de cámara y está situado con relación a una segunda dirección de haz 42 delante del sensor de cámara 10. La unidad de proyector 4 proyecta las bandas de color producidas mediante la transparencia 6 sobre la superficie del objeto 2 a medir. La luz dispersada de la proyección de la superficie del objeto, dispersada a lo largo de una segunda dirección de haz 42, es fotografiada por la cámara 8, después de que haya recorrido el filtro de color 18 y haya incidido sobre el sensor de cámara 10. De este modo la luz de la proyección de la superficie del objeto se divide en tres regiones espectrales claramente asociables antes de ser fotografiada por la cámara 8, en donde estas regiones espectrales asociadas se corresponden con las regiones de transmitancia espectral 20, 22, 24 del filtro de color 18.

La figura 3 muestra una segunda disposición 1 para la triangulación codificada por colores de un objeto 2 a medir. La figura 2 contiene los mismos elementos que la figura 3, que poseen los mismos símbolos de referencia. Alternativamente a la figura 2, en la figura 3 el filtro de color 18 está aplicado dentro de la unidad de proyector 4 entre la fuente luminosa 34 y la transparencia 6. El filtro de color 18 está situado de este modo, con relación a una primera dirección de haz 40, delante de la fuente luminosa 18 y detrás de la transparencia 6. De este modo se trata espectralmente la luz, que sale de la fuente luminosa 34 a lo largo de la primera dirección de haz 40, conforme a las regiones de transmitancia espectral 20, 22, 24 del filtro de color 18, ya antes de la proyección de las bandas de color.

REIVINDICACIONES

1. Disposición (1) para la triangulación codificada por colores de un objeto (2) a medir, que comprende una unidad de proyector (4) para proyectar un patrón de colores sobre una superficie de objeto del objeto (2) a medir, al menos una cámara (8) con un sensor de cámara (10), para muestrear una proyección del patrón de colores proyectado sobre la superficie, en donde el sensor de cámara (10) es sensible a la luz en una primera, en al menos una segunda y una tercera región espectral (12, 14, 16), en donde las regiones espectrales sensibles (12, 14, 16) están dispuestas según longitudes de onda ascendentes, en donde la disposición (1) comprende al menos un filtro de color (18) que presenta una primera, al menos una segunda y una tercera región de transmitancia espectral (20, 22, 24), en donde las regiones de transmitancia espectral (20, 22, 24) están separadas por parejas, en donde una longitud de onda de intervalo superior de la primera región de transmitancia (26) está situada dentro de la primera región espectral sensible (12) del sensor de cámara (10), unas longitudes de onda de intervalo inferior y superior de la al menos una segunda región de transmitancia (28, 30) están situadas dentro de la al menos una segunda región espectral sensible (14), y una longitud de onda de intervalo inferior de la tercera región de transmitancia (32) está situada dentro de la tercera región espectral sensible (16) del sensor de cámara (10), caracterizada porque la unidad de proyector (4) comprende una fuente luminosa (34), una transparencia (6) y el filtro de color (18), que está aplicado dentro de la unidad de proyector (4) entre la fuente luminosa (34) y la transparencia (6).
2. Disposición (1) según la reivindicación 1, caracterizada porque la distancia espectral entre longitudes de onda de intervalo opuestas (26, 28, 30, 32) es de al menos 10 nm, en particular 30 nm.
3. Disposición (1) según la reivindicación 1 ó 2, caracterizada porque la primera región de transmitancia espectral (20) del filtro de color (18) está situada por debajo de 480 nm, al menos una segunda región de transmitancia espectral (22) del filtro de color (18) está situada dentro de la región espectral de 520 nm a 565 nm y la tercera región de transmitancia espectral (24) del filtro de color (18) está situada por encima de 600 nm.
4. Disposición (1) según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque la cámara (8) comprende un segundo filtro de color.
5. Disposición (1) según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque la fuente luminosa (34) de la unidad de proyector (4) está configurada como una fuente luminosa láser y comprende al menos un láser.
6. Disposición (1) según la reivindicación 5 y una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque la fuente luminosa (34) de la unidad de proyector (4) comprende tres fuentes luminosas láser, cuyas longitudes de onda están situadas en el espectro luminoso verde, azul y rojo.

FIG 1

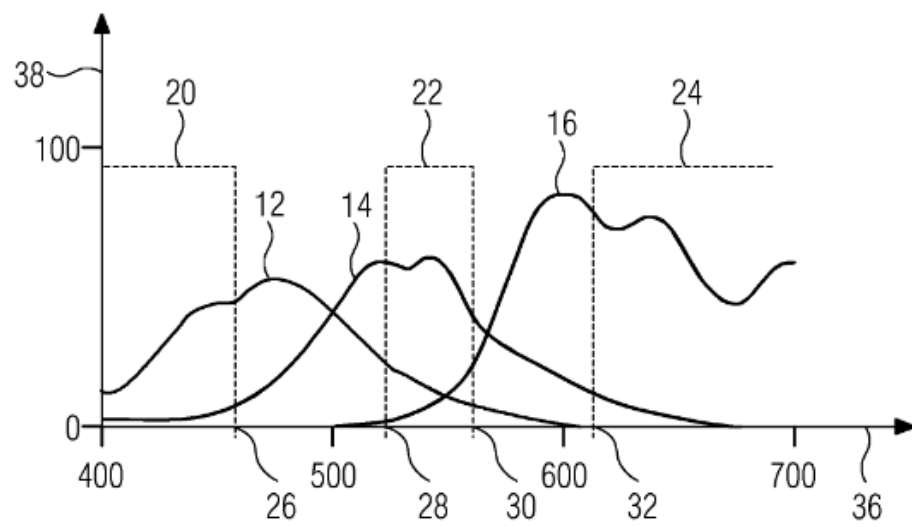


FIG 2

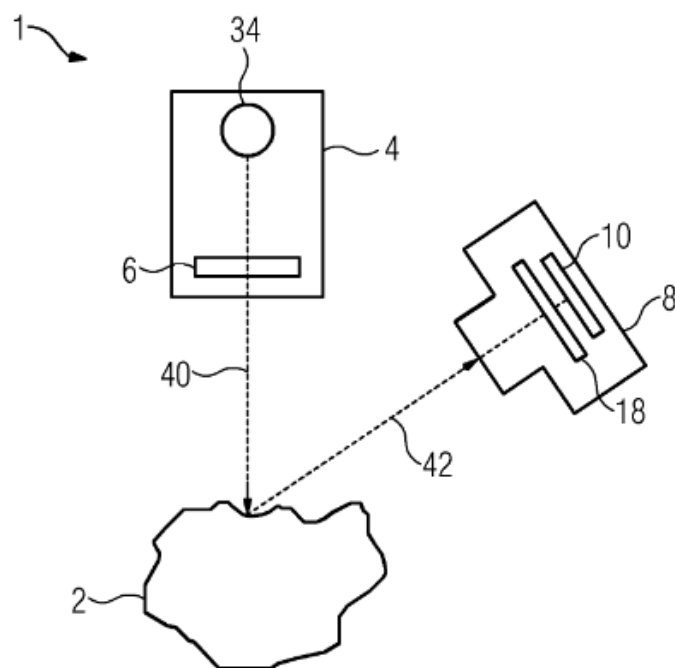


FIG 3

