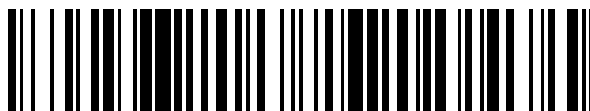


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 875 052**

51 Int. Cl.:

G01B 11/245 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.12.2012** **PCT/EP2012/076345**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.07.2013** **WO13102572**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.12.2012** **E 12813838 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.03.2021** **EP 2800946**

54 Título: **Disposición para mediciones ópticas y método relacionado**

30 Prioridad:

05.01.2012 FI 20125014

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

08.11.2021

73 Titular/es:

HELMEE IMAGING OY (100.0%)
Rantaperkiönkatu 1 D 13
33900 Tampere, FI

72 Inventor/es:

KERÄNEN, HEIMO y
LEHTONEN, PETRI

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 875 052 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

Disposición para mediciones ópticas y método relacionado

Campo de la invención

5 Generalmente, la presente invención se refiere a la óptica. En particular, aunque no exclusivamente, la presente invención se refiere a mediciones ópticas para determinar la topografía de objetos objetivo.

Antecedentes

En muchas ocasiones, la medición de la topografía de superficies de gran curvatura asociadas con varios objetos ha resultado difícil. Los métodos ópticos tradicionales se limitan a superficies planas. Para superficies pequeñas y planas, p. ej., se pueden utilizar interferómetros, pero son caros, lentos y proporcionan una precisión inaceptable.

10 Los diferentes métodos que incorporan el contacto físico con los objetos objetivo también suelen ser tediosos, proporcionan una resolución horizontal inferior e incluso rayan o dañan de otro modo la superficie potencialmente delicada bajo análisis. Tales inconvenientes son bastante comprensibles a la luz de los métodos de escaneo punto por punto que se aplican típicamente. Las disposiciones alternativas basadas en visión artificial tampoco funcionan muy bien, particularmente en conexión con superficies brillantes.

15 La medición de la forma de objetos brillantes de gran curvatura es de hecho, en general, exigente, por decir lo mínimo. Actualmente, p. ej., el control de calidad de los objetos brillantes se realiza manualmente mediante inspección visual en iluminación brillante. El resultado de dicha inspección depende en gran medida de la experiencia del inspector humano en particular a cargo y también varía con el tiempo y el propio proceso de fabricación. Utilizando la inspección manual sólo se pueden obtener resultados cualitativos bastante vagos; valores numéricos más característicos, o al menos más exactos, representativos de los defectos o de la forma tridimensional permanecen prácticamente secretos.

20 Sin embargo, muchos productos brillantes se consideran productos de alta calidad o de "gama alta", por lo que incluso los pequeños defectos deben identificarse preferiblemente durante o brevemente después de su fabricación.

Un método óptico para rastrear superficies brillantes se basa en el uso de una pantalla digital plana (por ejemplo, un monitor TFT) y una cámara. La pantalla puede disponerse para mostrar patrones de franjas y la cámara puede observar patrones reflejados a través de la superficie ensayada. El análisis con respecto a los cambios de fase del patrón entre la versión original y la reflejada puede revelar la pendiente de la superficie con una precisión razonable y un tiempo de ejecución general, pero la curvatura máxima aplicable del objeto permanece bastante limitada, es decir, el objeto será aun relativamente plano para obtener resultados de análisis completos con una precisión decente

25

El documento US2010/259746 A1 describe un perfilómetro para medir el perfil de la superficie de un objetivo de medición y tiene un dispositivo de iluminación para irradiar el objetivo de medición con luz, un dispositivo de formación de imágenes para formar imágenes de la luz reflejada desde el objetivo de medición, y una sección de cálculo normal para calcular una dirección normal a una superficie en cada posición del objetivo de medición a partir de una imagen formada. El documento US 6 222 630 B1 describe la medición y compensación de la deformación en la inspección de conjuntos de placas de circuito impreso. La inspección realizada estructurada de superficies especulares se describe en Sanderson A.C. et al.: "Structured Highlight Inspection of Specular Surfaces" ("Inspección Resaltada Estructurada de Superficies Especulares"), Transacciones sobre Análisis de Patrones e Inteligencia de Máquinas, IEEE, Piscataway, EE. UU., Vol. 10, no. 1, 1 de enero de 1998 (1998-01-01), páginas 44-55, XP002287715.

30

35

Compendio de la invención

40 El objetivo es aliviar al menos uno o más de los problemas mencionados anteriormente y proporcionar una disposición y un método relacionado para medir la forma de un objeto objetivo que tiene opcionalmente una superficie brillante.

El objetivo se logra mediante diferentes realizaciones de una disposición para medir ópticamente la superficie de un objeto objetivo brillante, que comprende:

- una estructura de iluminación difusiva, semitransparente que define una forma de superficie hueca configurada para rodear el objeto objetivo al menos parcialmente, estando la superficie además provista de al menos dos aberturas de tipo agujero de alfiler,
 - una serie de fuentes de luz acopladas ópticamente a la estructura de iluminación difusiva para iluminar el objeto objetivo a través de la superficie de la estructura de iluminación,
 - al menos dos dispositivos de formación de imágenes, cada uno configurado para formar la imagen del objeto objetivo a través de una abertura de dichas al menos dos aberturas, y
 - una entidad de control configurada para instruir al número de fuentes de luz para formar una secuencia de patrones de iluminación predeterminados sobre la superficie de la estructura de iluminación para iluminar el objeto objetivo con dichos patrones proyectados a través de la superficie, para instruir a los al menos dos
- 45
- 50

dispositivos de formación de imágenes, cada uno configurado para obtener una imagen del objeto objetivo a través de una abertura dedicada de tipo agujero de alfiler, para obtener una imagen del objeto objetivo en relación con cada patrón de iluminación, y para derivar, a través de la utilización de dichos patrones utilizados y de las imágenes obtenidas, una propiedad predeterminada relacionada con la superficie del objeto objetivo.

- 5 En una realización, la disposición, en particular p. ej., la entidad de control de la misma, puede configurarse para aplicar los datos de imagen de múltiples imágenes para determinar la posición y/u orientación de un elemento de superficie del objeto objetivo a través de la determinación de un elemento de formación de imagen, tal como un par de píxeles, que incluye un elemento de formación de imagen de cada uno de dos dispositivos de formación de imágenes, en el que el elemento de superficie forma un ángulo de reflexión con respecto a ambos elementos de
- 10 formación de imágenes en vista de dos ubicaciones de la superficie de transmisión de luz de la estructura de iluminación y de los rayos asociados reflejados desde el elemento de superficie.

Por tanto, la disposición puede configurarse para deducir la orientación real del elemento de superficie basándose en el ángulo de reflexión encontrado.

- 15 Opcionalmente, la disposición puede configurarse adicionalmente para determinar la posición del elemento de superficie del objeto objetivo en base a dicho par de elementos de formación de imágenes e información de calibración con respecto a la relación de diferentes elementos de formación de imágenes entre los dos dispositivos de formación de imágenes, indicando dicha información preferiblemente conocimiento sobre las intersecciones potenciales de rayos de luz entre los elementos de formación de imágenes de los dispositivos de formación de imágenes, tales como ubicaciones de intersecciones.

- 20 En otra realización, suplementaria o alternativa, la disposición está configurada para determinar

para un primer elemento de imagen, tal como un píxel, de un primer dispositivo de formación de imágenes, una primera ubicación de superficie transmisora de luz coincidente de la estructura de iluminación basada en datos de imagen de múltiples imágenes obtenidas, suministrando luz dicha primera ubicación de superficie transmisora de luz al primer elemento de formación de imágenes a través de un elemento de superficie reflectante real del objeto objetivo,

- 25 utilizando dicho primer elemento de formación de imágenes y la primera abertura asociada de dicha estructura de iluminación, una primera línea que define una pluralidad de elementos de superficie potenciales, cada uno de los cuales tiene una cierta orientación y forma un ángulo de reflexión con respecto a dicha primera ubicación de superficie y a dicho primer elemento de formación de imágenes, conteniendo también dicha pluralidad de elementos de superficie potenciales dicho elemento de superficie reflectante real,

- 30 un segundo elemento de formación de imágenes, tal como un píxel, de un segundo dispositivo de formación de imágenes, con una segunda ubicación de superficie de transmisión de luz correspondiente de la estructura de iluminación basada en datos de imagen de múltiples imágenes obtenidas, en el que el segundo elemento de formación de imágenes y la segunda abertura asociada de la estructura de iluminación definen una segunda línea que tiene una intersección con la primera línea en una de dicha pluralidad de elementos de superficie potenciales que también
- 35 forman un ángulo de reflexión con respecto a dicha segunda ubicación de superficie y a dicho segundo elemento de formación de imágenes, siendo así dicho uno de dicha pluralidad de elementos de superficie potenciales indicativo de dicho elemento de superficie reflectante real, incluida su orientación, y

- la posición del elemento de superficie reflectante real utilizando el primer elemento de formación de imágenes, el segundo elemento de formación de imágenes y la información de calibración mutua relacionada de los dispositivos de
- 40 formación de imágenes.

Opcionalmente, la disposición puede configurarse para modelar y/o indicar la orientación de elementos de superficie potenciales que incluyen dicho elemento de superficie reflectante real mediante la indicación de la normal a la superficie de dichos elementos.

- 45 En una realización adicional, suplementaria o alternativa, al menos un dispositivo de formación de imágenes incluye una cámara que incluye preferiblemente una superficie de sensor o matriz de sensor de radiación sensible a la luz. Se pueden utilizar, por ejemplo, soluciones basadas en tecnología CMOS (semiconductor de óxido metálico complementario) o CCD (dispositivo de carga acoplada). Las longitudes de onda de medición se pueden determinar en el escenario de uso, específicamente y las fuentes de luz/ equipo de formación de imágenes aplicables se pueden seleccionar de manera correspondiente.

- 50 Aún en una realización adicional, suplementaria o alternativa, al menos una fuente de luz se ha conectado físicamente a, opcionalmente integrado con, la estructura de iluminación. Opcionalmente, la al menos una fuente de luz puede haber estado al menos parcialmente integrada en la estructura de iluminación. Se puede utilizar tecnología de moldeo adecuada, tal como moldeo por inyección, para este propósito. La estructura de iluminación puede estar provista de varias formas de superficie predefinidas, tales como ranuras para acomodar al menos parte de dicha al menos una
- 55 fuente de luz.

Aún en una realización adicional, suplementaria o alternativa, al menos una fuente de luz incluye un LED (diodo emisor de luz), tal como un chip de LED o un paquete de LED. Alternativa o adicionalmente, al menos una fuente de luz puede incluir un dispositivo proyector, tal como un así denominado dispositivo de proyección de datos o un dispositivo de proyección de diapositivas.

- 5 En una realización adicional, suplementaria o alternativa, la estructura de iluminación sola o con la superficie de soporte para el objeto objetivo define sustancialmente al menos una forma seleccionada del grupo que consiste de: forma esférica, forma de cúpula, forma hemisférica, forma cónica, forma de cono truncado y forma cilíndrica.

En una realización adicional, suplementaria o alternativa, al menos una fuente de luz se controla mediante control de tensión o corriente de activación, control de ancho de pulso y/o control de modulación de densidad de pulso.

- 10 En una realización adicional, complementaria o alternativa, el material de la estructura de iluminación comprende plástico y/o vidrio.

En una realización adicional, suplementaria o alternativa, la disposición está configurada para determinar al menos una propiedad relacionada con la superficie del objeto objetivo seleccionado del grupo que consiste en: interrupción repentina en la propiedad de la superficie medida, tal como en la orientación de la superficie o la orientación normal a la superficie, orientación de la superficie, forma de la superficie, dimensiones de la superficie, y dimensiones, tamaño o volumen del objeto objetivo o de una parte del mismo. Una propiedad tal como la interrupción repentina puede ser indicativa de un defecto superficial, por ejemplo.

- 20 En una realización adicional, suplementaria o alternativa, la disposición está configurada para aplicar al menos un patrón (imagen) de iluminación que incluye una rampa de intensidad lineal o un patrón sinusoidal tal como un patrón de franja sinusoidal con intensidad que cambia sinusoidalmente. El patrón formado en la estructura de iluminación es preferiblemente periódico y contiene múltiples períodos, cayendo el número total de los mismos opcionalmente dentro de un intervalo de aproximadamente diez a aproximadamente cien períodos.

- 25 En una realización adicional, suplementaria o alternativa, la disposición está configurada para aplicar una secuencia de al menos cuatro, preferiblemente al menos seis patrones de iluminación para obtener al menos un número respectivo de imágenes para determinar las propiedades superficiales deseadas.

En una realización adicional, suplementaria o alternativa, al menos un dispositivo de formación de imágenes está integrado con la estructura de iluminación, tal como fijado opcionalmente de forma desmontable a la misma. La integración puede facilitar las acciones de calibración necesarias que se deben tomar antes de las mediciones reales, por ejemplo.

- 30 En otro aspecto, un método para medir ópticamente una superficie de un objeto objetivo brillante, que comprende

- obtener una estructura de iluminación difusiva, semitransparente que define una forma de superficie hueca configurada para rodear el objeto objetivo al menos parcialmente, estando la superficie provista además de al menos dos aberturas de tipo de agujero de alfiler, en donde varias fuentes de luz están acopladas ópticamente a la estructura de iluminación para iluminar el objeto objetivo a través de la superficie de la estructura de iluminación,
- obtener al menos dos dispositivos de formación de imágenes, cada uno configurado para formar la imagen del objeto objetivo a través de una abertura de dichas al menos dos aberturas y cada uno configurado para formar la imagen del objeto objetivo a través de una abertura dedicada de tipo de agujero de alfiler,
- controlar el número de fuentes de luz para formar una secuencia de imágenes de patrones de iluminación predeterminados en la superficie de la estructura de iluminación para iluminar el objeto objetivo con dichos patrones proyectados a través de la superficie e instruir a los al menos dos dispositivos de formación de imágenes para obtener una imagen del objeto objetivo relativa a cada patrón de iluminación, y
- derivar, mediante la utilización de dichos patrones utilizados y de las imágenes obtenidas, una propiedad predeterminada relacionada con la superficie tal como la forma y/o dimensiones del objeto objetivo o de al menos parte del mismo.

La invención también se define en una reivindicación independiente de programa de ordenador.

Las consideraciones presentadas anteriormente con respecto a las diversas realizaciones de la disposición se pueden aplicar de manera flexible a las realizaciones del método mutatis mutandis como apreciará un experto en la técnica.

- 50 La utilidad de la presente invención surge de una pluralidad de cuestiones diferentes dependiendo de la realización. La solución ideada permite medir la forma, la orientación y las dimensiones en 3D de varios elementos brillantes y superficies relacionadas, tales como grifos, porcelana, vajilla, vidrio, espejos y otros varios, p. ej., superficies cromadas, lacadas o pintadas. Incluso se pueden detectar pequeñas interrupciones repentinas/defectos.

La disposición técnica proporcionada permite además la formación de varios patrones de iluminación que se utilizarán para diferentes métodos de medición tanto para superficies brillantes (especulares) como dispersivas (difusoras) de diferentes objetos objetivo. A través de la explotación de formación de imágenes fotométricas, se pueden analizar incluso superficies mates, es decir, muy dispersivas, y, por ejemplo, defectos superficiales detectados en relación con la presente invención. La precisión alcanzada de las mediciones es buena y los resultados son, en general, muy fiables.

La disposición proporcionada es asequible de fabricar y de ensayar, pudiendo utilizarse con ella hardware fácilmente obtenible. El procedimiento asociado para el control de hardware y el análisis de imágenes es rápido y tampoco requiere hardware especial. Elementos informáticos ordinarios tales como microcontroladores, microprocesadores y/o DSP (procesador de señales digitales) pueden aplicarse junto con un chip o chips de memoria externa adecuados o una memoria integrada. Por ejemplo, un ordenador portátil o de escritorio contemporáneo puede configurarse para controlar la disposición y/o analizar las imágenes obtenidas.

La expresión "un número de" se refiere en este documento a cualquier número entero positivo a partir de uno (1), p. ej., a uno, dos o tres.

La expresión "una pluralidad de" se refiere en este documento a cualquier número entero positivo a partir de dos (2), p. ej., a dos, tres o cuatro.

El término "elemento de superficie" puede referirse en la presente memoria descriptiva a un punto o área de la superficie del objeto objetivo a inspeccionar mediante la disposición de medición óptica sugerida. Por tanto, el elemento de superficie puede representar una unidad básica a partir de la cual se considera que el objeto objetivo esté formado al menos lógicamente en términos de la medición. En muchas mediciones, tanto la ubicación como la orientación de dicho elemento de superficie son de interés para el medidor. Las dimensiones, o el tamaño, de los elementos de superficie pueden variar dependiendo de la resolución de la disposición de medición en su conjunto, incluida la resolución de los dispositivos de formación de imágenes aplicados, el espaciado y la naturaleza de la fuente de luz, la configuración de la estructura de iluminación, etc.

El término "abertura sustancialmente similar a un agujero de alfiler" se refiere en la presente memoria descriptiva a una apertura preferiblemente del orden de magnitud de un agujero de alfiler o ligeramente mayor. La apertura puede tener una magnitud de unos pocos cientos de micrómetros o menos, por ejemplo. La apertura se puede complementar opcionalmente con un elemento óptico tal como una lente, es decir, se puede utilizar una lente con una apertura pequeña para implementar al menos una apertura sustancialmente en forma de agujero de alfiler de la presente invención. Por ejemplo, la lente puede aplicarse para compensar la exposición a la luz que de otro modo sería insuficiente proporcionada por la apertura al sensor del dispositivo de formación de imágenes. Una apertura provista de lente tiene preferiblemente una magnitud de unos pocos milímetros o menos (de diámetro).

Los términos "un", "uno" y "una", como se usan en este documento, se definen como uno o más de uno.

También se describen diversas realizaciones diferentes de la presente invención en las reivindicaciones dependientes.

Breve descripción de los dibujos relacionados

A continuación, la invención se describe con más detalle con referencia a los dibujos adjuntos en los que

La figura 1 ilustra los principios básicos de una realización de la disposición según la presente invención.

La figura 2 ilustra varios elementos de una realización de la disposición según la presente invención.

La figura 3 representa un ejemplo de definiciones y cálculos de ángulos factibles en relación con diversas realizaciones de la presente invención.

La figura 4a ilustra los procedimientos de una realización de medición de superficie según la presente invención.

La figura 4b ilustra aspectos adicionales de la realización de medición de superficie antes mencionada.

La figura 5 es un diagrama de flujo de una realización de un método para medir la superficie de un objeto objetivo según la presente invención.

La figura 6 ilustra una realización de la disposición generalmente similar a la realización de la figura 2 con más detalle.

La figura 7 ilustra una realización de la óptica estenopeica aplicable para la formación de imágenes.

La figura 8 ilustra además una realización de la configuración de lente aplicable en conexión con la óptica estenopeica.

Descripción detallada de las realizaciones

En la Figura 1, se muestra una realización de una estructura de iluminación, esencialmente una estructura 102 de cúpula, para proyectar la luz proporcionada por una serie de fuentes de luz integradas o al menos acopladas ópticamente hacia un objeto objetivo de forma básicamente libre, o 'muestra', 106 dispuesta sobre una superficie de soporte predeterminada, tal como una mesa o lámina ordinaria, y rodeada por la estructura 102 de iluminación de forma aproximadamente hemisférica, es decir, por encima del nivel de la superficie de soporte. En algunas otras realizaciones, el objeto 106 podría colgarse, p. ej., de una cuerda o ser sostenido por una estructura de soporte específica como un soporte, dependiendo de la naturaleza de la estructura de iluminación.

El objeto 106 puede haber sido sustancialmente centrado con respecto a la estructura 102 de iluminación. La estructura 102 de iluminación puede tener generalmente una forma simétrica como se muestra en la figura. Dos dispositivos sensores 104 sensibles a la luz, o 'dispositivos de formación de imágenes', tales como cámaras digitales en muchas realizaciones, se han colocado con relación a la estructura 102 de iluminación para capturar los rayos de luz emitidos por las fuentes de luz y reflejados por la muestra 106 de regreso hacia la estructura 102. Ventajosamente, los dispositivos 104 de formación de imágenes se han alineado para formar imágenes de la misma área de muestra (o espacio de muestra) desde diferentes ángulos. Hay previstas pequeñas aberturas denominadas aberturas en la estructura 102 para permitir la transmisión de luz a través de ella hacia los dispositivos 104 de formación de imágenes.

Cada uno de los dispositivos 104 de formación de imágenes puede contener una matriz sensible a la luz sustancialmente plana de múltiples elementos de formación de imágenes a menudo denominados "píxeles". La matriz puede contener, p. ej. 1000 x 1000 píxeles o más.

En algunas otras realizaciones, un solo alojamiento, o un solo aparato anfitrión, podría contener múltiples dispositivos 104 de formación de imágenes desde el punto de vista de la presente invención, tales como múltiples sensores de cámara.

Varios rayos de luz emitidos por la estructura 102 y que se reflejan, desde la superficie de la muestra 106, hacia la estructura 102 y especialmente hacia los dispositivos 104 de formación de imágenes asociados se han representado como líneas continuas y de puntos en la figura con fines ilustrativos.

Básicamente, todos o al menos la mayoría de los puntos tales como los puntos e, a, b identificados explícitamente en la superficie superior de la muestra 106 que mira sustancialmente hacia la estructura 102 de iluminación, pueden medirse por la disposición mediante el reconocimiento y análisis de los rayos propagados entre la estructura de iluminación y superficies de sensores sensibles a la luz de los dispositivos 102 de formación de imágenes, incorporando la propagación el fenómeno de reflexión en la superficie de la muestra 106.

La reflectividad proporcionada por la superficie de la muestra 106, para ser aplicable para la detección de forma, es preferiblemente especular o comprende al menos un componente especular suficiente. También puede contener componente difusor. Incluso las superficies muy dispersivas (superficies mates) pueden analizarse en un sentido limitado mediante la disposición que se presenta a continuación.

La figura 2 representa una vista más detallada de una realización de la disposición sugerida para realizar mediciones ópticas tales como mediciones de forma y/o dimensión.

La muestra 206 de gran curvatura potencialmente está dispuesta sobre una superficie 212 de soporte que puede ser proporcionada por una placa lisa, uniforme (por ejemplo, superficie superior de mesa), por ejemplo. La estructura 202 de iluminación comprende una forma sustancialmente en forma de cúpula que encierra prácticamente la muestra 206 entre ella y la superficie portadora 212. La forma preferiblemente contiene o consiste de material semitransparente difusivo (translúcido). Se ha dispuesto una pluralidad de fuentes de luz tales como LED 208, opcionalmente organizadas al menos funcionalmente como una matriz de LED, para acoplarse ópticamente a la estructura 202 de iluminación de manera que los patrones de iluminación deseados puedan ser establecidos y transportados por la estructura 202 hacia la muestra 206 para la formación de imágenes posterior.

Opcionalmente, las fuentes de luz tales como chips de LED o paquetes de LED se han integrado en el material de la estructura 202 de iluminación. Por ej., se pueden haber utilizado técnicas de moldeo adecuadas y/o ranuras talladas previamente que acomodan al menos parte de las fuentes 208 de luz para este propósito. Alternativa o adicionalmente, se podría utilizar un proyector de datos o p. ej., un sistema de proyección de diapositivas como fuentes de luz. Las fuentes 208 de luz también podrían ser elementos externos y/o sin contacto con la estructura 202 de iluminación.

Se han provisto dos dispositivos 204 de formación de imágenes, tales como cámaras CMOS o CCD, externos a la estructura 202 de iluminación, para formar imágenes de la muestra detectando la luz reflejada desde la muestra 206 a través de los agujeros de alfiler 212 respectivos. Cada dispositivo 204 de formación de imágenes ha sido configurado para formar imágenes de la muestra a través de una abertura de tipo agujero de alfiler dedicada. En algunas otras realizaciones, se podría utilizar un número diferente de dispositivos 204 de formación de imágenes, p. ej. tres dispositivos, dependiendo de varios factores, tales como la cobertura deseada de los campos de visión asociados, la configuración y las dimensiones de la estructura de iluminación y la geometría de los objetos objetivos. 'E' 210 se refiere a la electrónica de control, tal como un dispositivo 210b de procesamiento, memoria 210c y elementos 210a de

E/S (por ejemplo, una interfaz de transferencia o comunicación de datos, un elemento de visualización de datos tal como una pantalla, impresora o trazador, un elemento de entrada de datos tal como un teclado, un ratón, etc.) para controlar, tal como sincronizar, los procedimientos de medición que involucran a las fuentes 208 de luz y los dispositivos 204 de formación de imágenes. Los cambios en el patrón de iluminación que implican el control de la fuente de luz pueden sincronizarse con respecto a las acciones de formación de imágenes de los dispositivos 204 de formación de imágenes para aumentar la velocidad de medición, por ejemplo.

La entidad 210 de control puede formarse o estar formada a partir de un dispositivo informático más general que también sea adecuado para otros usos. El dispositivo 210b de procesamiento puede incluir un microprocesador, un microcontrolador, un DSP, una matriz lógica programable o una pluralidad deseada de cualquiera de ellos, por ejemplo. La memoria 210c puede comprender al menos un chip de memoria dedicado o una memoria integrada con el procesador 210b, por ejemplo. La memoria 210c puede configurarse para acomodar un programa informático que comprende elementos de código en forma de instrucciones ejecutables por ordenador y otros datos relacionados para controlar la disposición. Además, la memoria 210c puede utilizarse para alojar los datos de medición y los resultados de análisis asociados. El programa informático puede estar incorporado en un medio de soporte tal como una tarjeta de memoria o un disco óptico.

Con respecto al tamaño y la separación de los LED 208 u otras fuentes de luz, cuanto más pequeños son los LED, etc., y más próximos están ubicados, se pueden producir y proyectar patrones de iluminación más precisos, en principio, sobre la muestra 206. Distancia mínima teórica entre luces fuentes es cero. En ese caso, no se necesitan estructuras de iluminación difusora adicionales y la matriz de la fuente de luz puede actuar por sí misma como p. ej., una pantalla en forma de cúpula o 'estructura de iluminación' para iluminar la muestra. Sin embargo, tal espaciamiento de magnitud cero puede, en circunstancias prácticas, ser a veces inviable ya que el número de fuentes de luz requeridas aumenta drásticamente, así como el cableado requerido, la complejidad y el precio total resultante de la disposición.

Sin embargo, cuando aumenta el espacio entre las fuentes de luz, las fuentes de luz individuales pueden resultar visibles en el patrón de iluminación y las imágenes tomadas debido a su naturaleza de iluminación puntual. Esto puede resolverse generalmente utilizando material difusor más eficaz de estructura de iluminación entre las fuentes de luz y la muestra para suavizar la iluminación. Distancia aplicable entre p. ej., las fuentes de luz de tipo LED puede, en muchas realizaciones, estar dentro de un intervalo de aproximadamente 2 a aproximadamente 10 mm, por ejemplo. Junto con el mayor espaciado, es posible que deba aumentarse el poder de difusión de la estructura de iluminación, tal como la cúpula. La forma de la estructura de iluminación puede variar naturalmente dependiendo de los objetos cuya imagen se ha de formar y de otros factores de la solución deseada. Además de una cúpula o específicamente, p. ej., en teoría, se puede utilizar una forma semiesférica, esfera completa, cilíndrica, cónica o básicamente casi cualquier forma libre.

El tamaño de la estructura de iluminación es escalable en vista de diferentes tamaños de muestra y p. ej., fuentes de luz. Con el fin de obtener la muestra completa medida de una vez, se colocará para que permanezca dentro del área de visualización de todos los dispositivos 204 de formación de imágenes, es decir, dentro de las vistas de la cámara, y dentro de la forma circundante definida por la estructura 202 de iluminación. El material de la estructura 202 de iluminación puede incluir plástico, vidrio, etc., preferiblemente material semitransparente.

El control de la intensidad de la luz emitida por las fuentes 208 de luz se puede realizar utilizando p. ej. control de corriente o modulación de ancho de pulso o de densidad de pulso más precisa, por ejemplo. El control específico de la fuente de luz, tal como de los LED, se puede lograr de manera flexible mediante, p. ej. escaneo basado en filas y columnas de la matriz de la fuente de luz.

Con referencia a la Figura 3, a continuación, se revisan brevemente los principios del cálculo en 3D que utilizan los datos de imagen. La figura ilustra particularmente las definiciones de ángulos α y ϕ utilizadas en el método de cálculo descrito.

El eje X se refiere al eje horizontal y el eje Y se refiere al eje vertical en el escenario mostrado con una estructura 302 de iluminación similar a una cúpula. La Tabla 1 a continuación describe los patrones de iluminación potenciales utilizados. El punto, o ubicación, en la cúpula que se refleja desde la superficie del objeto (elemento de superficie) a un píxel de la cámara se puede calcular tomando, p. ej., seis imágenes que utilizan diferentes patrones de iluminación. Los patrones 1 y 2 se pueden utilizar para definir el ángulo α de altura, mientras que los patrones 3 a 6 se pueden utilizar para definir el ángulo ϕ de rotación.

Tabla 1: Patrones de iluminación

Patrón	Definición
1	La intensidad de la matriz de LED está relacionada linealmente con el ángulo α de altura de modo que cuando $\alpha = 0$ la intensidad es 0 % y cuando $\alpha = 90$ grados la intensidad es 100 %. El patrón de intensidad es rotacionalmente simétrico alrededor del eje Y.

Patrón	Definición
2	La intensidad de la matriz de LED está relacionada linealmente con el ángulo α de altura de modo que cuando $\alpha = 0$ la intensidad es del 100 % y cuando $\alpha = 90$ grados la intensidad es del 0 %. El patrón de intensidad es rotacionalmente simétrico alrededor del eje Y.
3	La intensidad de la matriz de LED está relacionada linealmente con el ángulo φ de rotación de modo que cuando $\varphi = 0$ la intensidad es 0 % y cuando $\varphi = 180$ grados la intensidad es 100 %. La otra mitad de la cúpula (ángulos φ 180 a 360 grados) está apagada.
4	La intensidad de la matriz de LED está relacionada linealmente con el ángulo φ de rotación de modo que cuando $\varphi = 0$ la intensidad es del 100 % y cuando $\varphi = 180$ grados la intensidad es del 0 %. La otra mitad de la cúpula (ángulos φ 180 a 360 grados) está apagada.
5	La intensidad de la matriz de LED está relacionada linealmente con el ángulo φ de rotación de modo que cuando $\varphi = 180$ la intensidad es 0 % y cuando $\varphi = 360$ grados la intensidad es 100 %. La otra mitad de la cúpula (ángulos φ 0 a 180 grados) está apagada.
6	La intensidad de la matriz de LED está relacionada linealmente con el ángulo φ de rotación de modo que cuando $\varphi = 180$ la intensidad es del 100 % y cuando $\varphi = 360$ grados la intensidad es del 0 %. La otra mitad de la cúpula (ángulos φ 0 a 180 grados) está apagada.

El ángulo α de altura se puede definir para cada píxel de la imagen utilizando la ecuación

$$A = (\text{Imagen 1} - \text{Imagen 2}) / (\text{Imagen 1} + \text{Imagen 2}) \quad (1)$$

Se puede definir un ángulo φ de rotación entre 0 y 180 grados para cada píxel de la imagen utilizando la ecuación

$$5 \quad \varphi = (\text{Imagen 3} - \text{Imagen 4}) / (\text{Imagen 3} + \text{Imagen 4}) \quad (2)$$

Se puede definir un ángulo φ de rotación entre 180 y 360 grados para cada píxel de la imagen utilizando la ecuación

$$\varphi = (\text{Imagen 5} - \text{Imagen 6}) / (\text{Imagen 5} + \text{Imagen 6}) \quad (3)$$

Se puede utilizar alternativamente un número diferente de imágenes. El ángulo φ de rotación se puede calcular usando dos imágenes o se puede lograr un resultado potencialmente más preciso seccionando la cúpula, p. ej., en intervalos de 90 grados de tal manera que se mida la primera sección de 0 a 90 grados seguida de una sección de 90 a 180 grados y así sucesivamente.

También se podrían usar patrones de iluminación de franjas sinusoidales para calcular el punto de reflexión con alta precisión. Como en el ejemplo anterior, primero se podría calcular el ángulo α de altura y luego el ángulo φ de rotación.

Para determinar los ángulos α de altura, se puede formar en la cúpula un patrón de iluminación, o una "iluminación", que consiste en un patrón de franjas sinusoidales con varios períodos. El número de períodos sinusoidales formados en la cúpula depende del tamaño de la cúpula, sector iluminado, LED o, de forma más general, espaciado de la fuente de luz y la precisión deseada, pero puede caer dentro de un intervalo de aproximadamente 10 a aproximadamente 100 períodos, por ejemplo. El patrón sinusoidal en la cúpula se visualiza a través de la superficie reflectante ensayada del objeto objetivo. Normalmente se necesitan tres o más imágenes con diferentes cambios de fase del patrón sinusoidal para calcular la fase de los puntos reflejados. Para el cálculo se puede utilizar un método de cálculo de desfase bien conocido. La fase está parcialmente relacionada de forma lineal con la posición en la cúpula. Dado que el resultado del método de cálculo de desfase está limitado entre $-\pi$ y π , se requiere el resultado asociado con el patrón de intensidad que cambia linealmente para definir el período asociado.

Por ejemplo, si hay 20 períodos sinusoidales en la superficie de la cúpula cuando el ángulo α de altura varía de 0 a 90 grados, entonces la fase cambia 20 veces de $-\pi$ a π y cada período responde a un sector de 4,5 grados. El resultado del ángulo de las imágenes de intensidad que cambian linealmente se puede utilizar para determinar a qué sector de 4,5 grados pertenece el resultado del patrón sinusoidal.

El ángulo φ de rotación puede calcularse sustancialmente de manera similar.

Se puede utilizar un número diferente de patrones/imágenes de franjas sinusoidales dependiendo de la realización; el cálculo de desfase podría usarse en conexión con tres o más patrones/imágenes y el cálculo basado en la transformación de Fourier podría usarse en conexión con un patrón de franjas/imagen.

En algunas realizaciones, los resultados del cálculo del ángulo pueden utilizarse para la detección de defectos. Cuando, p. ej. una superficie brillante tiene un defecto que puede presentar un cambio notable en el ángulo de la superficie monitorizada. Esto se puede detectar a partir de los mapas de ángulos. Por ejemplo, se pueden seguir los cambios que superan un umbral predeterminado para una variación de ángulo válida entre elementos de superficie adyacentes o cercanos.

Utilizando los patrones de iluminación anteriores y/u otros patrones de iluminación alternativos, se puede asignar la correspondencia entre los elementos de formación de imágenes, tales como píxeles, de diferentes dispositivos de formación de imágenes y ubicaciones de superficie, o "puntos", en la superficie interior de la estructura de iluminación. Un píxel de un dispositivo de formación de imágenes y una ubicación coincidente de la estructura de iluminación, es decir, el punto de transmisión de luz correspondiente, definen, para un elemento de superficie del objeto objetivo, múltiples combinaciones teóricas de ángulo (orientación)/altura (distancia) a partir de las cuales puede deducirse la correcta utilizando la información proporcionada por al menos otro dispositivo de formación de formación de imágenes, que se describe con más detalle a continuación. Como resultado, se puede determinar tanto la ubicación como la orientación de los elementos de la superficie que constituyen la superficie medida total.

Las figuras 4a y 4b ilustran la lógica detrás de los procedimientos de una realización de medición de superficie de acuerdo con la presente invención con más detalle. Las figuras también contienen pocas observaciones textuales explicativas que faciliten la comprensión de los principios geométricos subyacentes explotados.

La figura 5 es un diagrama de flujo de una realización de un método correspondiente para realizar las mediciones y tareas asociadas. En 502, la configuración de medición se determina inicialmente en función de las propiedades de la superficie que se van a medir a partir del objeto u objetos objetivos y la naturaleza del objeto u objetos objetivo (brillante, mate, formas, dimensiones, etc.) en sí mismos. En consecuencia, en 504 el equipo necesario, tal como la estructura de iluminación, p. ej. una cúpula hemisférica o una estructura completamente esférica, fuentes de luz relacionadas tales como LED, dispositivos de formación de imágenes tal como al menos dos dispositivos de cámara digital y equipos de control/análisis tales como un ordenador con electrónica de E/S adecuada, se obtienen a través de la adquisición de terceros componentes y/o basados en fabricación propia, por ejemplo.

Generalmente, la forma tridimensional de una superficie objetivo de un objeto objetivo se puede medir numéricamente utilizando dos o más dispositivos de formación de imágenes, tales como cámaras. En primer lugar, es necesario calibrar la geometría relativa, la orientación y los píxeles correspondientes de las cámaras. Esto se puede hacer en el elemento 506 del método explotando, p. ej. métodos comunes de calibración de cámaras estéreo mediante formación de imágenes, p. ej. un tablero de ajedrez u otro patrón con dimensiones conocidas en diferentes posiciones y calcular los parámetros de la cámara y las líneas de intersección para cada par de píxeles de las cámaras. Estas líneas de intersección definen la distancia para cada combinación de pares de píxeles.

En 508 y 510, las fuentes de luz y la estructura de iluminación forman una pluralidad de patrones de iluminación, es decir, una secuencia, y las cámaras capturan los patrones de reflexión correspondientes, respectivamente. Las fuentes de luz y las cámaras (u otros dispositivos de formación de imágenes) se sincronizarán preferiblemente de modo que todas las cámaras deseadas obtengan al menos una imagen con respecto a cada patrón de iluminación predeterminado. El número y la naturaleza de los patrones de iluminación dependen de la estructura de iluminación utilizada y de las fuentes de luz, de las cámaras, del objeto a medir y del tipo de medición realizada como se describe en la presente memoria descriptiva. La naturaleza repetitiva de los elementos 508, 510 (es decir, la iluminación de un patrón, la formación de imágenes del patrón, el cambio a un patrón siguiente, etc.) se ilustra en la figura mediante una flecha de retroceso de puntos.

Con respecto en particular al elemento 512 de análisis del método y la lógica asociada con referencia a las Figuras 4a y 4b, los dispositivos de formación de imágenes tales como cámaras se tratan aquí, por simplicidad, como cámaras de apertura puntual ideales.

Información de ángulo $p = \alpha(a,b)$ y $q = \phi(a,b)$ para el píxel C1 de la cámara C1(a,b) 404 corresponde al punto D(p,q) 408 en la superficie de la cúpula que se refleja a través de un punto S(x,y) de la superficie, o 'elemento de superficie' plano, 406 (x,y se refieren a las coordenadas en un plano definido por, o que es al menos paralelo a una superficie de soporte plana, tal como la superficie de una mesa para el objeto objetivo) para C1(a,b) 404.

El punto C1(a,b) 404 (y la apertura asociada de la estructura de iluminación) definen una línea C1-S 410 donde debe estar S(x,y) 406. La línea C1-S 410 y el punto D(p,q) 408 crean así diferentes pares potenciales de distancia-orientación para el elemento de superficie S(x,y) 406 que refleja la luz emitida por D(p,q) 408 a C1(a,b) 404 en ángulo de reflexión. Cada par potencial de distancia-orientación tiene un vector $S_n(j,k,l)$ 406a normal a la superficie diferente, es decir, una orientación característica de la superficie reflectante.

Cada par de distancia-orientación (o 'punto' en la línea C1-S 410) corresponde lógicamente también a un píxel en la cámara C2 a través de la abertura asociada como C2(c,d) 405, y tales pares establecen un grupo C2-S 411 de líneas (Figura 4b).

Para cada uno de estos píxeles en la matriz del sensor de C2, el punto de reflexión especular (fuente) en la cúpula D(r,s) 409 y la información del ángulo $r = \alpha(c,d)$ y $s = \phi(c,d)$ han sido proporcionados por las mediciones. El punto de reflexión medido da la orientación de la superficie correspondiente en la intersección de las líneas C2-S 411 y C1-S 410. El píxel correcto C2(c,d) 405, es decir, el píxel al que la luz transmitida por la ubicación de la cúpula 409 realmente se refleja desde el elemento de superficie del objeto objetivo medido, es el que proporciona, en base a las mediciones, la misma orientación de superficie en la intersección de las líneas C2-S 411 y C1-S 410 que la calculada en base a C1(a,b) 404. Es decir, el elemento S(x,y) 406 de superficie física real tiene el mismo vector $S_n(j,k,l)$ normal a la superficie calculado, es decir, orientación de superficie, con respecto a las dos trayectorias de luz analizadas D(p,q)-S(x,y)-C1(a,b) y D(r,s)-S(x,y)-C2(c,d).

Cuando se resuelven C1(a,b) 404 y C2(c,d) 405, la distancia y, por tanto, la ubicación del elemento de superficie relacionado del objeto objetivo puede determinarse de forma única aplicando también la información de calibración disponible.

De la manera anteriormente explicada, tanto la ubicación como la orientación de cada elemento de la superficie del objeto objetivo pueden determinarse en última instancia y la superficie total que consta de los elementos de superficie puede modelarse y analizarse, ya que se puede ejecutar un procedimiento similar para todos los píxeles de la cámara.

Una persona experta se dará cuenta además de que, dado que el material de la estructura de iluminación es preferiblemente difusor en cierto grado, es posible utilizar una medición estéreo fotométrica. En relación con una estructura de iluminación similar a una cúpula, la primera mitad de la cúpula puede iluminarse primero aplicando una intensidad uniforme y luego formando imágenes de la superficie ensayada. Luego, la otra mitad de la cúpula puede iluminarse y volver a formar imágenes de la superficie ensayada. La diferencia de estas dos imágenes indica ventajosamente defectos potenciales y estructura topológica (altura) del objeto ensayado y la superficie relacionada. También se pueden utilizar más de dos direcciones de iluminación. El método estéreo fotométrico se puede utilizar especialmente para superficies muy dispersoras o "mate" de los objetos objetivo.

La ejecución del método finaliza en el elemento 514. El análisis puede continuarse más o los resultados de medición obtenidos hasta ahora pueden almacenarse, transmitirse y/o proporcionarse para su revisión en un dispositivo de visualización o imprimirse en papel, por ejemplo.

La figura 6 ilustra, en 601, una realización generalmente similar a la realización de la figura 2 con más detalle. También aquí los patrones de iluminación, es decir, las imágenes, se forman secuencialmente (secuencia de video) en la estructura de iluminación tal como la superficie esférica 202 y se proyectan desde allí hacia la superficie de un objeto objetivo 206. La estructura de iluminación tal como la superficie esférica 202 es por ello utilizada como un elemento de visualización para iluminar la muestra con patrones de imagen en lugar de, por ejemplo, iluminación difusa temporalmente máximamente constante y espacialmente uniforme. Las imágenes correspondientes (sin embargo, distorsionadas) de la superficie del objeto son luego capturadas por los dispositivos 204 de formación de imágenes preferiblemente en sincronía con la formación de patrones de iluminación. Mediante el análisis de las imágenes capturadas, incluyendo, p. ej., análisis de distorsiones inducidas en el mismo (en contraste con los patrones originales proyectados hacia la superficie del objeto objetivo) se pueden detectar las propiedades de la superficie tales como defectos.

Los dispositivos 204 de formación de imágenes están acoplados ópticamente al objeto objetivo 206 a través de las aberturas 212 correspondientes, preferiblemente aberturas de tipo de agujero de alfiler, provistas de disposiciones 604a, 604 de lentes. Cada disposición 604a, 604b de lentes puede incluir varias lentes, p. ej. dos o tres lentes, que están configuradas para permitir la formación de imágenes usando la abertura 212 de tipo de agujero de alfiler de la estructura 202 de iluminación en frente de las lentes. La magnitud de las dimensiones de la abertura puede seguir las cifras dadas anteriormente en la presente memoria, tales como unos pocos milímetros, p. ej., 1-2 mm, de diámetro o incluso menos. El uso de una apertura de pequeño tamaño generalmente reduce las zonas muertas (regiones de sombra) en la formación de imágenes.

La figura 7 ilustra una realización 701 de óptica estenopeica aplicable para la formación de imágenes. Tal solución podría utilizarse, p. ej., en relación con las realizaciones de la presente invención explicadas anteriormente. La estructura 102, 202 de iluminación comprende una abertura 712 a través de la cual tiene lugar la formación de imágenes. Los rayos 702 de luz del objeto objetivo alcanzan varias lentes 706, 708, tales como lentes singlete o doblete, preferiblemente alineadas en serie, más preferiblemente de manera que tengan un eje óptico común.

La lente 706 que es la primera en la trayectoria óptica entre el objeto objetivo y el dispositivo de formación de imágenes puede tener un diámetro más pequeño, p. ej., unos pocos milímetros, tal como unos 3 mm, mientras que la segunda lente tiene un diámetro mayor. Por consiguiente, la estructura mecánica alrededor de la primera lente 706 puede ser pequeña o más pequeña. El diámetro de la estructura 102, 202 de iluminación depende de la realización y las propiedades de los objetos objetivo (dimensiones, etc.) pero puede ser p. ej., de unos 45 centímetros. Un ejemplo de

distancia focal aplicable puede ser unos pocos milímetros, p. ej., aproximadamente 4-7 milímetros, dependiendo p. ej., del tamaño preferido del área cuya imagen se ha de formar.

La figura 8 representa, en 801, una ilustración en sección transversal adicional de la configuración de lente aplicable (ampliada en la figura con respecto a la abertura 712 por razones de claridad) en conexión con la óptica estenopeica y, por ejemplo, las realizaciones antes mencionadas de la disposición y método según la presente invención.

La figura ilustra una porción 716 de superficie exterior biselada del cuerpo 714 de disposición de lentes, o "estructura de alojamiento", que aloja la lente o lentes. Preferiblemente, el borde biselado define un ángulo predeterminado tal como un ángulo de aproximadamente 45 grados con la cara lateral del cuerpo o el eje óptico de las lentes 706, 708 como se muestra en la figura, pero también son posibles otras configuraciones dependiendo de la realización. El biselado provoca menos sombras en la proyección del patrón de imagen hacia el objetivo (y en la formación de imágenes resultante) ya que de ese modo se minimiza el efecto de bloqueo de la disposición de la lente.

Un experto en la técnica puede, basándose en esta descripción y el conocimiento general, aplicar las enseñanzas proporcionadas para implementar la presente invención tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

Por ejemplo, en algunas realizaciones, solo algunas partes o porciones del objeto objetivo pueden necesitar ser analizadas, ya sea en general o en un momento, para cuyo propósito la estructura de iluminación, las fuentes de luz, las aberturas y los dispositivos de formación de imágenes relacionados pueden configurarse de manera que cubran las partes relevantes solo en términos de medición o ronda de medición. Las partes/porciones restantes del objeto objetivo pueden medirse luego durante mediciones posteriores girando primero el objeto y/o la disposición relativamente entre sí para exponer nuevas partes/porciones a los elementos de iluminación y de formación de imágenes.

En algunos escenarios de uso, sustancialmente toda la superficie exterior de un objeto en 3D de gran curvatura potencialmente debe medirse de una sola vez, lo que puede requerir la utilización de una disposición de medición completamente circundante, como una estructura de iluminación en forma de esfera y establecer la formación de imágenes por captura de todos los ángulos asociados:

Sin embargo, en algunas realizaciones, la estructura de iluminación utilizada podría estar formada por varias partes que todavía están configuradas para formar funcionalmente la estructura de iluminación general mientras permanecen físicamente separadas durante las mediciones.

Además, en algunas realizaciones, la abertura o aberturas preferidas en forma de agujeros de alfiler podrían sustituirse por una abertura más grande para disponer el sensor o sensores del dispositivo o dispositivos de formación de imágenes con suficiente exposición a la luz como se ha mencionado anteriormente. Si se utiliza una abertura basada en lentes, la superficie de la estructura de iluminación puede tener que ser perforada o tallada primero para proporcionar un orificio de mayor diámetro en la misma para acomodar la lente que aún tiene preferiblemente una abertura más pequeña de unos pocos milímetros, tal como dos o tres milímetros, o menos.

Aun así, en algunas realizaciones, la disposición y el método sugeridos pueden utilizarse para medir objetos/superficies combinados, es decir, superficies que tienen partes tanto brillantes como mate. Por ejemplo, los defectos se pueden rastrear a partir de superficies combinadas. Se pueden explotar diferentes modos de iluminación (incluidos los patrones) para las mediciones y cada elemento de la superficie se puede determinar en última instancia basándose en el mejor resultado obtenido, de acuerdo con un criterio predeterminado.

REIVINDICACIONES

1. Una disposición (101, 201, 601) para medir ópticamente la superficie de un objeto objetivo brillante (106, 206), que comprende:

- 5 - una estructura (102, 202, 302) de iluminación difusora, semitransparente que define una forma de superficie hueca configurada para rodear el objeto objetivo al menos parcialmente, estando la superficie provista además de al menos dos aberturas (212, 712) en forma de agujero de alfiler,
- varias fuentes (208) de luz acopladas ópticamente a la estructura de iluminación para iluminar el objeto objetivo a través de la superficie de la estructura de iluminación,
- 10 - al menos dos dispositivos (104, 204) de formación de imágenes, cada uno configurado para formar la imagen del objeto objetivo a través de una abertura de dichas al menos dos aberturas, y
- una entidad (210) de control configurada para ordenar a dicho número de fuentes de luz que formen una secuencia de patrones de iluminación predeterminados en la superficie de la estructura de iluminación para iluminar el objeto objetivo con dichos patrones proyectados a través de dicha superficie, para ordenar a los dichos al menos dos dispositivos de formación de imágenes, cada uno configurado para formar la imagen del objeto objetivo a través de una abertura dedicada de tipo agujero de alfiler, para formar una imagen del objeto objetivo en relación con cada patrón de iluminación, y para derivar, a través de la utilización de dichos patrones utilizados y de las imágenes obtenidas, una propiedad predeterminada relacionada con la superficie del objeto objetivo.
- 15

20 2. La disposición de la reivindicación 1, configurada para aplicar los datos de imagen de múltiples imágenes para determinar la posición y/u orientación de un elemento (406) de superficie del objeto objetivo a través de la determinación de un par de elementos de formación de imágenes que incluye un elemento de formación de imágenes procedente de cada uno de los dos dispositivos (104, 204) de formación de imágenes, en el que el elemento de superficie forma un ángulo de reflexión con respecto a ambos elementos de formación de imágenes a la vista de dos ubicaciones de superficie (408, 409) de transmisión de luz de la estructura de iluminación y de los rayos asociados reflejados desde el elemento de superficie del objeto objetivo.

25

30 3. La disposición de la reivindicación 2, configurada para determinar la posición del elemento (406) de superficie del objeto objetivo en base a dicho par de elementos de formación de imágenes y de información de calibración con respecto a la relación de diferentes elementos de formación de imágenes entre los dos dispositivos de formación de imágenes, indicando dicha información preferiblemente un conocimiento sobre intersecciones potenciales de rayos de luz entre los elementos de formación de imágenes de los dispositivos de formación de imágenes, tales como ubicaciones de intersección, opcionalmente la distancia entre la intersección y varios puntos de referencia como los dispositivos de formación de imágenes.

35 4. La disposición de cualquier reivindicación anterior, que está configurada para determinar para un primer elemento (404) de formación de imágenes, tal como un píxel, de un primer dispositivo de formación de imágenes, una primera ubicación de superficie (408) de transmisión de luz correspondiente de la estructura de iluminación basada en datos de imagen de múltiples imágenes obtenidas, suministrando luz dicha primera ubicación de la superficie de transmisión de luz correspondiente al primer elemento de formación de imágenes a través de un elemento (406) de superficie reflectante real del objeto objetivo,

40 mediante la utilización de dicho primer elemento de formación de imágenes y de la primera abertura asociada de dicha estructura de iluminación, una primera línea (410) que define una pluralidad de elementos de superficie potenciales, cada uno de los cuales tiene una cierta orientación (406a) y forma un ángulo de reflexión con respecto a dicha primera ubicación de superficie y a dicho primer elemento de formación de imágenes, dicha pluralidad de elementos de superficie potenciales también contiene dicho elemento (406) de superficie reflectante real,

45 un segundo elemento (405) de formación de imágenes, tal como un píxel, de un segundo dispositivo de formación de imágenes, con una segunda ubicación de superficie (409) de transmisión de luz correspondiente de la estructura de iluminación basada en datos de imagen de múltiples imágenes obtenidas, en el que el segundo elemento de formación de imágenes y la segunda abertura asociada de la estructura de iluminación definen una segunda línea que tiene una intersección con la primera línea en una de dicha pluralidad de elementos de superficie potenciales que también forman un ángulo de reflexión con respecto a dicha segunda ubicación de superficie y dicho segundo elemento de formación de imágenes, siendo dicho uno de dicha una pluralidad de elementos de superficie potenciales, por tanto,

50 indicativo de dicho elemento de superficie reflectante real incluyendo su orientación, y

la posición de dicho elemento (406) de superficie reflectante real utilizando el primer elemento de formación de imágenes, el segundo elemento de formación de imágenes y la información de calibración mutua relacionada de los dispositivos de formación de imágenes en conexión con la disposición.

5. La disposición de cualquier reivindicación anterior, en la que al menos una fuente de luz incluye un elemento seleccionado del grupo que consiste en: un dispositivo proyector, un chip de LED (diodo emisor de luz), un paquete de LED u otra fuente de luz basada en LED o relacionada tal como un OLED (LED orgánico).
6. La disposición de cualquier reivindicación anterior, en la que al menos una fuente de luz se ha integrado con la estructura de iluminación, y opcionalmente al menos parcialmente moldeada en su interior.
7. La disposición de cualquier reivindicación anterior, en la que la estructura de iluminación define sustancialmente al menos una forma seleccionada del grupo que consiste de: forma esférica, forma de cúpula, forma hemisférica, forma cónica, forma de cono truncado y forma cilíndrica.
8. La disposición de cualquier reivindicación anterior, en la que al menos una (712) de dichas aberturas está asociada con una disposición (604a, 604b, 701, 801) de lentes que comprende varias lentes (706, 708), en la que además la disposición de lentes comprende una pluralidad de lentes dispuestas en serie y una lente (706) de dicha pluralidad dispuesta antes que al menos otra lente (708) de dicha pluralidad en la trayectoria óptica tiene un diámetro menor que la otra lente (708).
9. La disposición de la reivindicación 8, en la que la disposición (801) de lentes comprende una porción (714) de cuerpo que mira hacia la abertura (712) con un borde biselado (716) para reducir el efecto de sombreado de la disposición de lentes con respecto a la estructura (712) de iluminación.
10. La disposición de cualquier reivindicación anterior, en la que la disposición está configurada para determinar al menos una propiedad relacionada con la superficie del objeto objetivo seleccionada del grupo que consiste de: orientación de la superficie, interrupción repentina espacial en la propiedad de la superficie medida, tal como en la indicación de la orientación de la superficie, forma de la superficie, dimensiones de la superficie, dimensiones del objeto, tamaño del objeto y volumen del objeto.
11. La disposición de cualquier reivindicación anterior, configurada para aplicar al menos un patrón de iluminación, preferiblemente periódico, que incluye una rampa de intensidad lineal o un patrón sinusoidal tal como un patrón de franjas sinusoidales con intensidad que cambia sinusoidalmente.
12. La disposición de cualquier reivindicación anterior, configurada para aplicar una secuencia de al menos cuatro, preferiblemente de al menos seis, patrones de iluminación para obtener al menos un número respectivo de imágenes, preferiblemente por dispositivo de formación de imágenes, para determinar las propiedades de superficie deseadas.
13. La disposición de cualquier reivindicación anterior, configurada para aplicar patrones de iluminación estéreo fotométrica y formación de imágenes para medir una propiedad de superficie predeterminada, tal como una interrupción repentina potencialmente indicativa de un defecto superficial, de una superficie dispersora del objeto objetivo.
14. Un método para medir ópticamente una superficie de un objeto objetivo brillante, que comprende
 - obtener (504) una estructura de iluminación difusora, semitransparente que define una forma de superficie hueca configurada para rodear el objeto objetivo al menos parcialmente, estando la superficie además provista de al menos dos aberturas de tipo de agujeros de alfiler, en donde varias fuentes de luz están acopladas ópticamente a la estructura de iluminación para iluminar el objeto objetivo a través de la superficie de la estructura de iluminación,
 - obtener (504, 506) al menos dos dispositivos de formación de imágenes, cada uno configurado para formar imágenes del objeto objetivo a través de una abertura de dichas al menos dos aberturas y cada uno configurado para formar la imagen del objeto objetivo a través de una abertura dedicada de tipo agujero de alfiler,
 - controlar (508, 510) el número de fuentes de luz para formar una secuencia de imágenes de patrones de iluminación predeterminados sobre la superficie de la estructura de iluminación para iluminar el objeto objetivo con dichos patrones proyectados a través de dicha superficie y ordenar a dichos al menos dos dispositivos de formación de imágenes para formar una imagen del objeto objetivo relativa a cada patrón de iluminación, y
 - derivar (512), mediante la utilización de dichos patrones utilizados e imágenes obtenidas, una propiedad predeterminada relacionada con la superficie tal como la forma y/o dimensiones del objeto objetivo o de al menos parte del mismo.
15. Un programa informático que comprende medios de código adaptados, cuando se ejecuta en un aparato informático, para ejecutar los ítems de control y derivación según la reivindicación 14 cuando se analiza la superficie de un objeto objetivo brillante mediante una disposición (101, 201, 601) de medición, en el que una estructura (102, 202, 302) de iluminación difusora, semitransparente que define una forma de superficie hueca está configurada para rodear el objeto objetivo al menos parcialmente, estando la superficie provista además de al menos dos aberturas

- 5 (212, 712) de tipo de agujero de alfiler, además en el que varias fuentes (208) de luz están acopladas ópticamente a la estructura de iluminación difusora para iluminar el objeto objetivo a través de la superficie de la estructura de iluminación, y en el que al menos dos dispositivos (104, 204) de formación de imágenes están configurados para formar la imagen del objeto objetivo a través de las aberturas correspondientes de dichas al menos dos aberturas, y cada dispositivo de formación de imágenes está configurado para formar una imagen del objeto objetivo a través de una abertura dedicada de tipo agujero de alfiler.

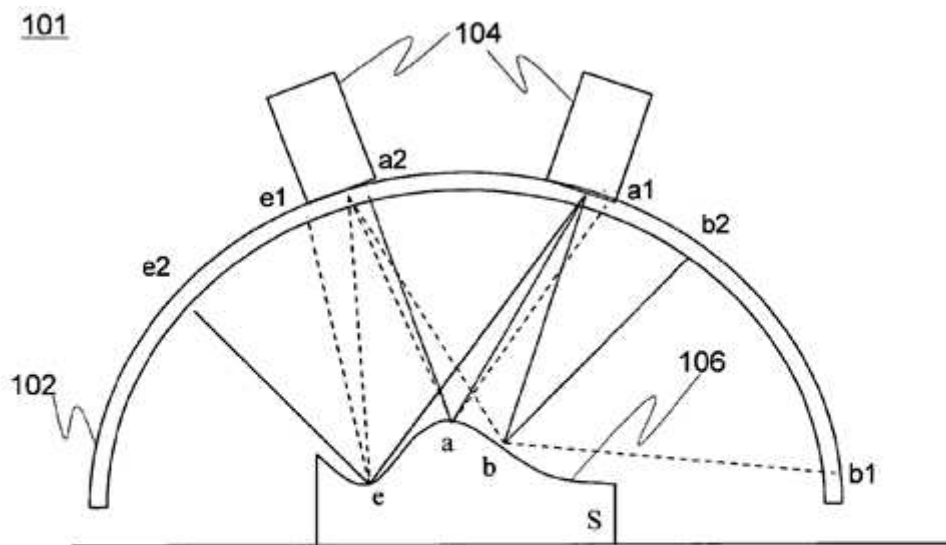


Figura 1

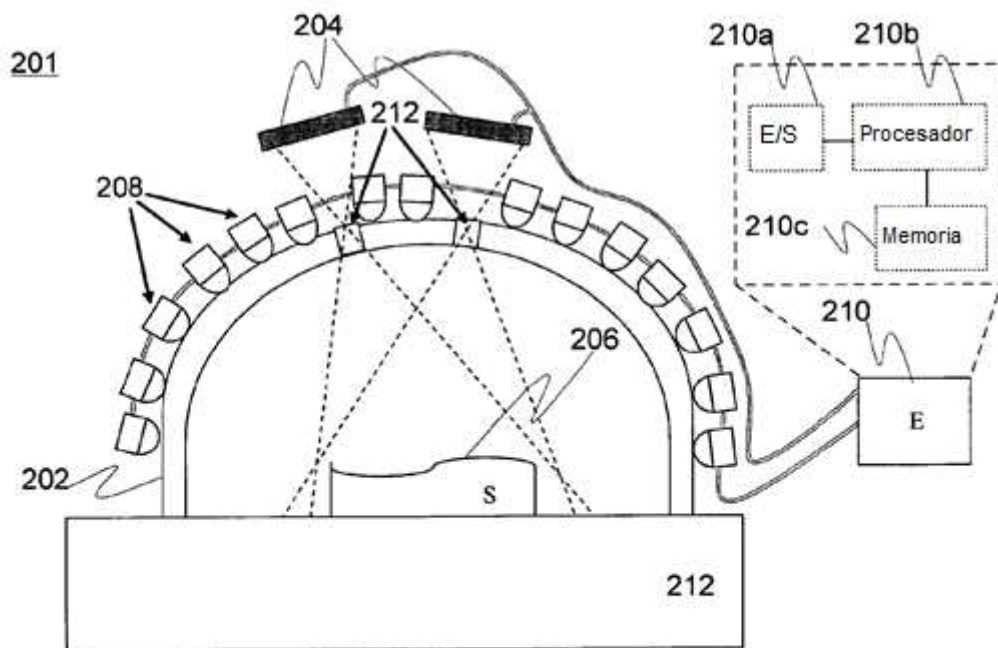


Figura 2

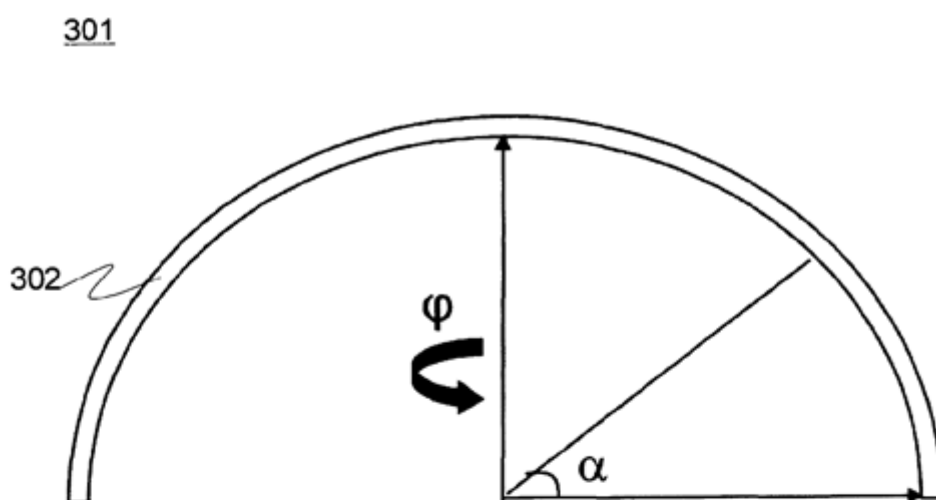


Figura 3

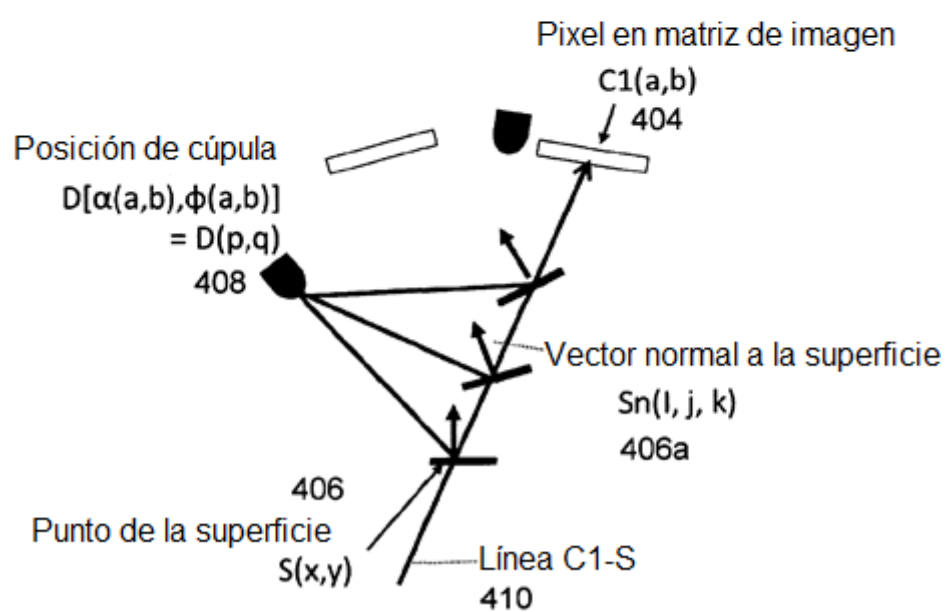


Figura 4a

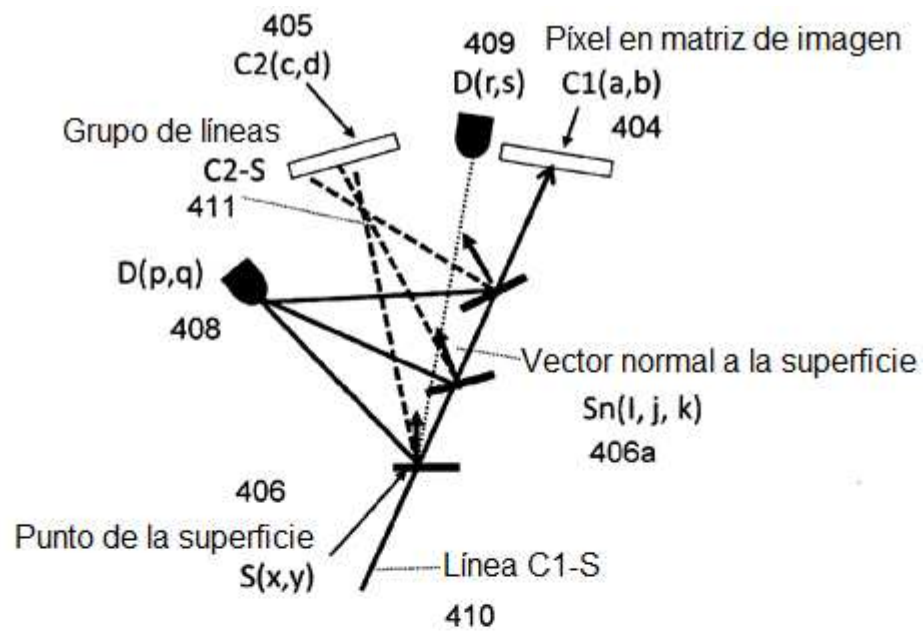


Figura 4b

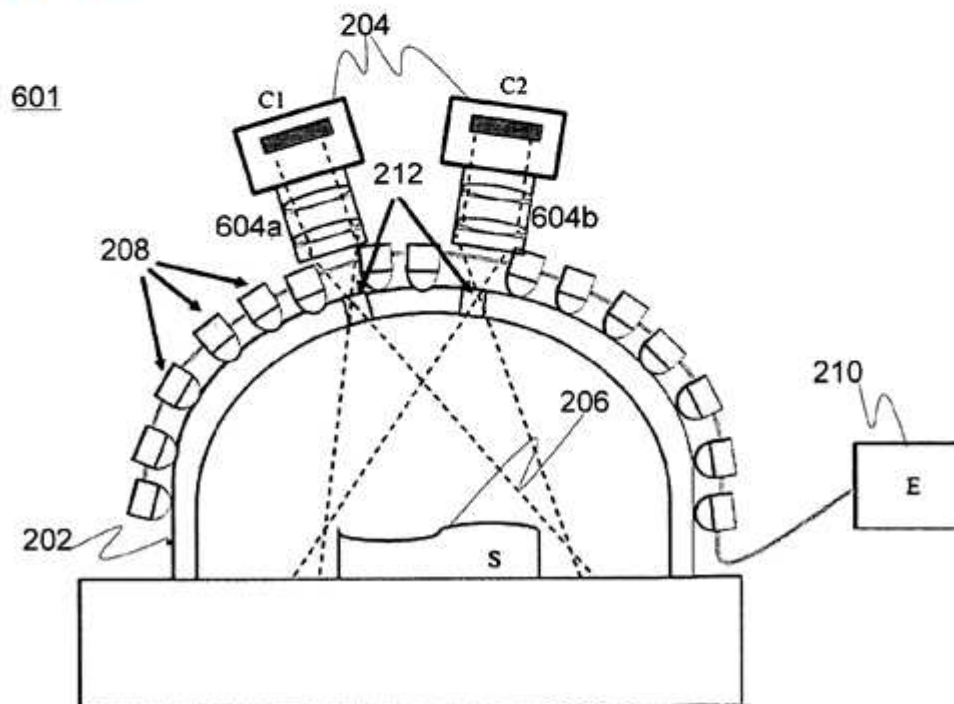


Figura 6

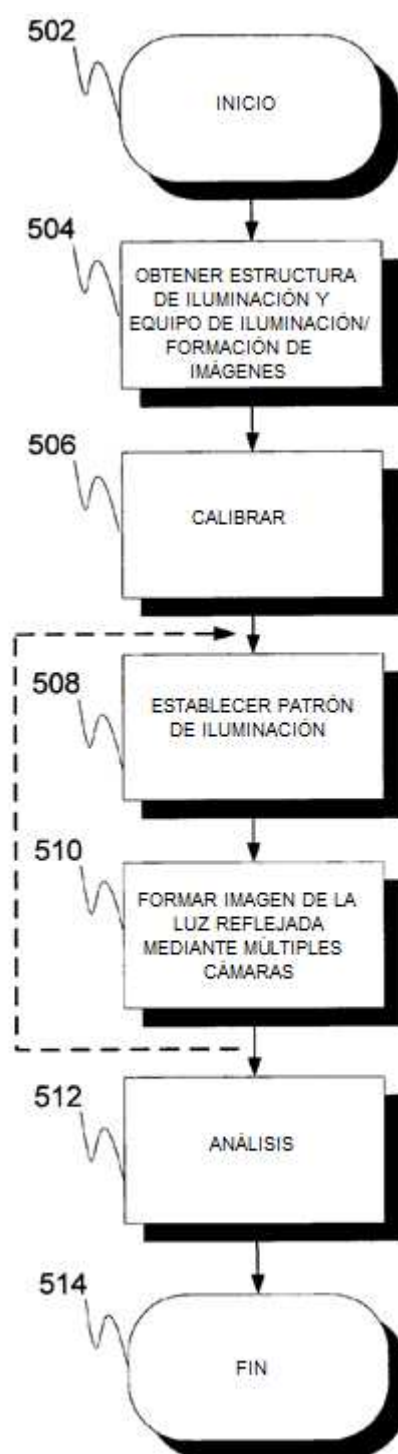


Figura 5

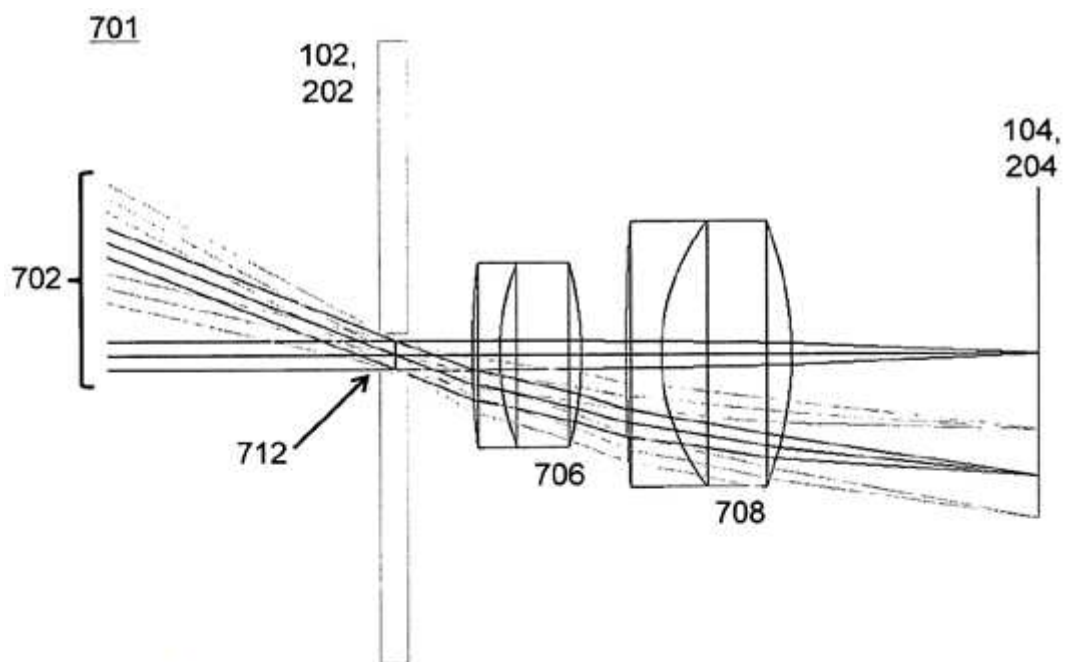


Figura 7

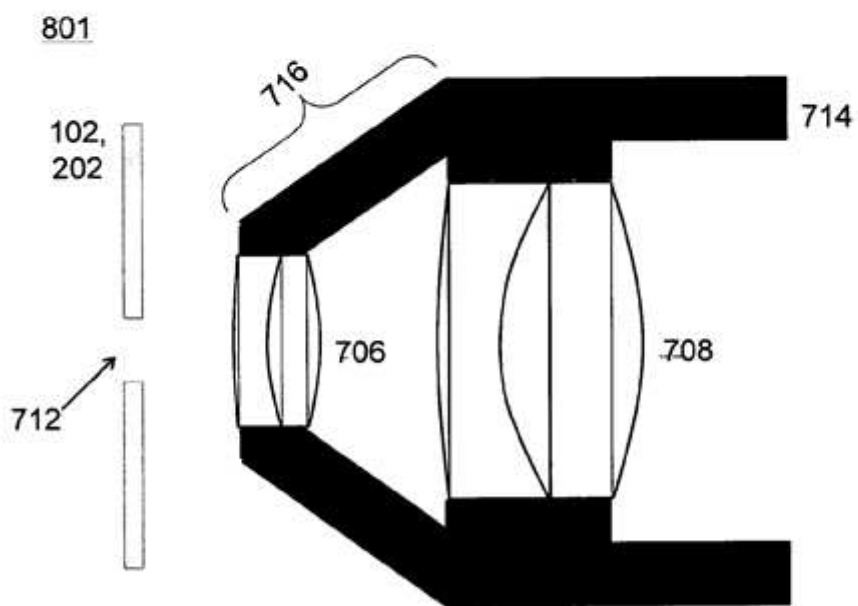


Figura 8