

(12) SOLICITUD INTERNACIONAL PUBLICADA EN VIRTUD DEL TRATADO DE COOPERACIÓN EN MATERIA DE PATENTES (PCT)

(19) Organización Mundial de la Propiedad Intelectual  
Oficina internacional



(10) Número de publicación internacional  
**WO 2020/169853 A1**

(43) Fecha de publicación internacional  
27 de agosto de 2020 (27.08.2020)

(51) Clasificación internacional de patentes:  
*G01N 21/88* (2006.01)      *G03B 17/12* (2006.01)  
*G01N 21/47* (2006.01)

(21) Número de la solicitud internacional:  
PCT/ES2019/000016

(22) Fecha de presentación internacional:  
22 de febrero de 2019 (22.02.2019)

(25) Idioma de presentación: español

(26) Idioma de publicación: español

(71) Solicitantes: **SEDDI, INC.** [US/US]; 600 3rd Avenue, 2nd Floor, New York, NY 10016 (US). **DESILICO S.L.** [ES/ES]; Calle Tellez 24, 1ª, 28007 Madrid (ES).

(72) Inventores: **ALIAGA, Carlos**; c/o DESILICO S.L., Calle Tellez, 24 - 1º, 28007 Madrid (ES). **ALCAIN, Raúl**; Universidad de Zaragoza, Edif. Ada Byron, Departamento de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones, C/ María de Luna 1, 50018 Zaragoza (ES). **HERAS, Carlos**; Universidad de Zaragoza, Edif. Ada Byron, Departamento de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones, C/ María de Luna 1, 50018 Zaragoza (ES). **SALINAS, Iñigo**; Universidad de Zaragoza, Edif. Ada Byron, Departamento de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones, C/ María de Luna 1, 50018 Zaragoza (ES). **SUJA, Sergio**; c/o DESILICO S.L., Calle Tellez, 24 - 1º, 28007 Madrid (ES). **GARCÉS, Elena**; c/o DESILICO S.L., Calle Tellez, 24 - 1º, 28007 Madrid (ES). **LÓPEZ, Jorge**; c/o DESILICO S.L., Calle Tellez, 24 - 1º, 28007 Madrid (ES).

(54) Title: MICROSCALE IMAGE CAPTURE SYSTEM

(54) Título: SISTEMA DE CAPTURA DE IMÁGENES DE MICROESCALA

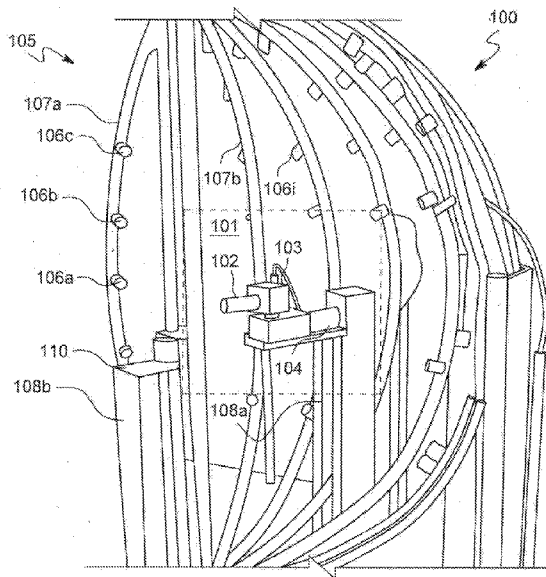


FIG. 1

(57) Abstract: According to several embodiment of the present invention, an optical capture system is provided. In one embodiment a microscale optical capture system is provided, which has little divergence of incident light and a low acceptance angle of captured light. According to the embodiments, a microscale optical system is provided, which has a large number of high-power collimated white LEDs as light sources, for example, 60-100 units, which can be placed at distances of approximately 650 mm from a sample. In one embodiment, a digital camera that uses a 50-mm focal lens with a 25-mm long extension tube captures images of the sample. This provides a working distance of approximately 100 mm, and at the same time, maintains a magnification of more than 0.5x for microscale captures, with an image size of, for example, 4x4 microns per pixel.



WO 2020/169853 A1

(74) **Mandatario:** CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel; c/ Suero de Quiñones, 34-36, 28002 MADRID (ES).

(81) **Estados designados** (a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección nacional admisible): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) **Estados designados** (a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección regional admisible): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), euroasiática (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europea (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Declaraciones según la Regla 4.17:**

— sobre el derecho del solicitante para solicitar y que le sea concedida una patente (Regla 4.17(ii))

**Publicada:**

— con informe de búsqueda internacional (Art. 21(3))

---

(57) **Resumen:** De acuerdo con varias modalidades de la presente invención, se proporciona un sistema de captura óptica. En una de las modalidades, se proporciona un sistema de captura óptica de microescala con poca divergencia de la luz incidente y un ángulo de aceptación bajo de la luz captada. De acuerdo con las modalidades, se proporciona un sistema de captura óptica de microescala con un gran número de LED blancos de alta potencia colimados como fuentes de luz, por ejemplo, entre 60 y 100 unidades, que pueden ubicarse a distancias de alrededor 650 mm desde la muestra. En una modalidad, una cámara digital que utiliza un objetivo focal de 50 mm con un tubo de extensión de 25 mm de longitud capta imágenes de la muestra. Esto proporciona una distancia de trabajo de aproximadamente 100 mm y, al mismo tiempo, mantiene una ampliación de más de 0,5x para capturas a microescala, con un tamaño de imagen de por ejemplo 4 x 4 micras por píxel.

## SISTEMA DE CAPTURA DE IMÁGENES DE MICROESCALA

### ANTECEDENTES

[0001] Esta revelación se relaciona generalmente con sistemas de modelado por computadoras y, más específicamente, con un sistema y método para la captura de imágenes de microescala de propiedades geométricas y ópticas de materiales para usar en gráficos por computadora y otras aplicaciones.

[0002] En aplicaciones de gráficos por computadora, el modelado preciso y que se asemeja a la realidad de materiales, tales como tejidos, ropa y otros artículos hechos de fibras, ha sido un objetivo permanente y un componente clave para animaciones realistas en videojuegos, películas y otras aplicaciones de modelado por computadoras. Por ejemplo, materiales como tejidos se modelaban típicamente como láminas bidimensionales de composición muy delgada. Los modelos de simulación de materiales diferentes se centraban, generalmente, en la apariencia de la superficie o superficies del modelo de lámina bidimensional. No obstante, estos modelos carecían de detalle y realismo, en particular, al examinar más de cerca o en escenas u otras estampas donde el material se exhibía cerca del espectador. Por ejemplo, en aplicaciones de compra por Internet basada en personajes digitales, un personaje digital modela artículos de ropa para un consumidor que intenta tomar una decisión de compra. En tales aplicaciones, el detalle y la apariencia realista de la ropa es fundamental. Un suéter de hilo de lana grueso no se puede representar exactamente en la superficie de una lámina bidimensional. Con el reconocimiento de estos defectos, más recientemente, se han desarrollado nuevos abordajes para el modelado tridimensional más realista de materiales, como ropa o tejidos.

[0003] No obstante, estos nuevos abordajes de modelado requieren información detallada sobre las características del material que se modelará. Para obtener esta información, se necesitan sistemas de captura óptica para extraer con exactitud las propiedades geométricas y ópticas de materiales que permiten modelar la apariencia de estos materiales en cualquier entorno de iluminación. Un abordaje es usar el procesamiento de imágenes ópticas para extraer parámetros geométricos y de apariencia de los materiales para, por ejemplo, crear modelos virtuales de los materiales que se usarán en las aplicaciones de gráficos por computadora.

[0004] La mayoría de los dispositivos están diseñados para captar materiales de superficie genérica a escala milimétrica, orientados generalmente a extraer las perpendiculares de la superficie y su reflectancia, esta última en la forma de una función de distribución de reflectancia bidireccional (BRDF, por sus siglas en inglés) con variación espacial (SV-BRDF).

Para esto, se utilizan cámaras digitales para captar imágenes con básicamente dos abordajes. Un abordaje utiliza múltiples ángulos de observación e iluminación que cubren el hemisferio centrado en la perpendicular de la superficie del material para recuperar las funciones de distribución de reflectancia bidireccional (BTF). El otro depende una única vista fija y múltiples luminarias. Todos estos sistemas por lo general funcionan con relaciones de ampliación pequeñas (Schwartz et al., *Design and Implementation of Practical Bidirectional Texture Function Measurement Devices Focusing on the Developments at the University of Bonn. Sensors 2014* (Suiza)), ya que el interés se basa en recuperar la SV-BRDF o la BTF, ya que necesitan un número de ángulos de observación diferentes. Esto implica numerosos usos relacionados con la profundidad del campo en los ángulos de incidencia, lo que resulta particularmente crítico al intentar alcanzar resoluciones muy finas a nivel de la fibra. Por lo tanto, este tipo de soluciones son muy útiles para el modelado de aspecto de materiales a distancia media, pero no proporcionan tamaños de píxeles lo suficientemente pequeños y, por consiguiente, no se adaptan bien cuando el objetivo es extraer propiedades geométricas y ópticas para uso posterior en un contexto de representación realista, por ejemplo, en el caso de tejidos realistas.

[0005] Muy pocos sistemas anteriores presentan un sistema de captura óptica de microescala. Un ejemplo reciente es el trabajo de Nam y colegas (Nam, G., Lee, J. H., Wu, H., Gutierrez, D. y Kim, M. H. (2016). *Simultaneous acquisition of microscale reflectance and normals*. ACM Transactions on Graphics. <https://doi.org/10.1145/2980179.2980220>). Implementan cámaras con lentes macro, que conducen a distancias de trabajo óptico muy cortas y permiten reducir las dimensiones del sistema hasta unas pocas decenas de milímetros. Su sistema utiliza múltiples LED y un ángulo de observación fijo, con una ampliación de trabajo hasta 5:1. Todos los componentes están construidos en un domo de 40 mm de radio y los tamaños captados son del orden de 2 milímetros. Sistemas similares también se describen en Nam, G., Lee, J. H., Wu, H., Gutierrez, D. y Kim, M. H. (2016). *Simultaneous acquisition of microscale reflectance and normals*. ACM Trans. Graph, 35(6), 185.

[0006] Sin embargo, los sistemas con dimensiones tan pequeñas no siempre son adecuados para la representación predictiva en algunos contextos, por ejemplo, en la industria textil. La razón es que algunos materiales pueden verse como un mosaico estructurado a lo largo del material que se repite en patrones. Para este tipo de materiales, la estructura de tamaño mínimo de mosaico puede ser, a menudo, mucho mayor que 1-2 mm, como en el caso de un gran porcentaje de tipos

de telas. Por consiguiente, un sistema de captura operativo para este tipo de materiales necesita un acuerdo entre la ampliación y el tamaño de la muestra. Esto no es sencillo de lograr debido al espesor que tienen algunas fibras, algunas por debajo de las 5 micras, y la auto-oclusión del sistema a esas distancias de trabajo cortas.

5 [0007] Los parámetros relevantes de los sistemas de captura de microescala son la divergencia de las luces incidentes y el ángulo de aceptación de la luz captada. A los fines de la industria, los tiempos de exposición también son importantes. Todos ellos se relacionan con la dimensión de la muestra y las distancias desde las fuentes de luz y la cámara hasta la muestra. A medida que las distancias se acortan y/o las muestras se agrandan, las divergencias y los ángulos de  
10 aceptación aumentan. El impacto de estos factores ópticos en la precisión de la reflectancia medida puede ser relevante, alterando los resultados finales de los procesos de representación.

[0008] Otros abordajes para captar características de materiales para el modelado por computadoras incluyen sistemas, por ejemplo, para extraer modelos volumétricos de telas que emplean tomografías axiales computarizadas (TC) para obtener parámetros de la tela. Por  
15 ejemplo, uno de esos sistemas se describe en Zhao, S., Jakob, W., Marschner, S., y Bala, K. (2011). *Building Volumetric Appearance Models of Fabric Using Micro CT Imaging*. ACM Transactions on Graphics (TOG), 30(4), 44.

[0009] Sin embargo, los sistemas de tomografías computarizadas son muy costosos y requieren espacios amplios para operar. Los sistemas ópticos basados en microscopios también se utilizan  
20 en algunas aplicaciones. No obstante, para el análisis de muestras de gran tamaño, en el rango de milímetros a centímetros, los sistemas basados en microscopios no pueden iluminar correctamente toda la muestra y realizar una inspección o captura de parámetros clave llevaría una excesiva cantidad de tiempo. Por otra parte, los sistemas ópticos sin ampliación suficiente, una ampliación menor que 1:1, no pueden obtener detalles suficientes como para captar  
25 correctamente los parámetros relevantes en una muestra y, por lo tanto, no son óptimos para muchas aplicaciones. Algunos sistemas proporcionan una ampliación cercana a 1:1 con sensores ópticos, pero sus componentes de iluminación no ofrecen una iluminación de onda plana uniforme de las muestras, lo que exige un procesamiento posterior complejo de las imágenes y la caracterización de las condiciones de iluminación previo al procesamiento en cada punto  
30 potencial de la muestra.

[0010] Además de los usos para el modelado por computadoras, estos tipos de sistemas de procesamiento de imágenes son importantes en otros campos. Por ejemplo, la inspección visual

automatizada de objetos y ejemplares de materiales es importante para diversas aplicaciones. Por ejemplo, la inspección visual automatizada para el control de calidad de artículos fabricados se utiliza de forma rutinaria para proporcionar alta precisión y consistencia en la evaluación de actividades de fabricación.

5 [0011] Ningún sistema actual es capaz de obtener imágenes de muestras de materiales con una proporción de ampliación cercana a 1: 1 con iluminación de múltiples ángulos de incidencia y desde una distancia suficiente para asegurar la iluminación frontal de onda plana, minimizando las auto-oclusiones.

[0012] Por lo tanto, lo que se necesita es un sistema de procesamiento de imágenes óptico de  
10 microescala capaz de ofrecer una ampliación básicamente 1:1 e iluminación de frente de onda plana que aborde las deficiencias de la técnica anterior.

#### BREVE RESUMEN

[0013] De acuerdo con varias modalidades de la presente invención, se proporciona un sistema de captura óptica. En una de las modalidades, se proporciona un sistema de captura óptica de  
15 microescala con poca divergencia ( $1^\circ$ ) de la luz incidente y un ángulo de aceptación bajo ( $<8^\circ$ ) de la luz captada. De acuerdo con las modalidades, se proporciona un sistema de captura óptica de microescala con un gran número de LED blancos de alta potencia colimados como fuentes de luz, por ejemplo, entre 60 y 100 unidades, que pueden ubicarse a distancias de alrededor 650 mm desde la muestra en una modalidad. En una modalidad, una cámara digital que utiliza un  
20 objetivo focal de 50 mm con un tubo de extensión de 25 mm de longitud capta imágenes de la muestra. Esto proporciona una distancia de trabajo de aproximadamente 100 mm y, al mismo tiempo, mantiene una ampliación de 0,5x para capturas a microescala, con un tamaño de imagen de 4 x 4 micras por píxel.

[0014] De acuerdo con las modalidades, el sistema óptico es capaz de ofrecer análisis de  
25 polarización al separar los componentes de luz difusa y especular, y el análisis de profundidad mediante el apilamiento de enfoques debido a una profundidad de campo muy superficial que se proporciona en algunas modalidades. De acuerdo con las modalidades, el diseño del sistema lo hace robusto a las vibraciones y contempla todos los factores ópticos mencionados para asegurar un sistema adecuado especializado para la captura de materiales fibrosos. Mejora los abordajes  
30 anteriores para dichos objetivos, y es ideal para captar datos de alta calidad que puedan utilizarse para lograr telas con una representación realista.

[0015] De acuerdo con una modalidad, se provee un sistema de procesamiento de imágenes de microescala que comprende un módulo de procesamiento de imágenes. El módulo de procesamiento de imágenes incluye un sensor óptico, un tubo de extensión y una lente. La lente se acopla al tubo de extensión y el tubo de extensión se dispone en frente del sensor óptico para guiar la luz desde la lente al sensor óptico. El sensor óptico incluye una pluralidad de píxeles de un tamaño. La lente está configurada para que el sensor óptico capte, para cada píxel de la pluralidad de píxeles, un área de una muestra de tejido esencialmente del mismo tamaño que el tamaño de las píxeles. El sistema también puede incluir un soporte configurado para mantener la muestra durante el procesamiento. El soporte también está configurado para presentar la muestra de tejido al módulo de procesamiento de imágenes sin obstrucción de luz incidente o luz reflejada. El sistema también incluye un módulo de iluminación con una pluralidad de unidades de luz dispuestas espacialmente alrededor del soporte de muestras y orientadas hacia el soporte de muestras. Cada unidad de luz está configurada para proporcionar una iluminación de frente de onda plana de la luz incidente en la muestra de tejido. En esta modalidad del sistema, la lente del módulo de procesamiento de imágenes está ubicada con respecto al sensor óptico y al tubo de extensión para que el módulo de procesamiento de imágenes pueda ubicarse con respecto al soporte de muestra de manera que evite oclusiones de la luz incidente al módulo de iluminación y que capte la luz reflejada en un frente de onda considerablemente plano.

[0016] En un sistema de acuerdo a una modalidad, cada unidad de luz puede incluir una lente colimada dimensionada para maximizar una intensidad de la luz incidente proyectada por cada unidad de luz en la muestra de tejido. Por ejemplo, en variantes de esta modalidad, la lente colimada en cada unidad de luz puede tener un diámetro entre 0,5 y 1,5 pulgadas. En variantes de esta modalidad, la lente colimada en cada unidad de luz puede tener una longitud focal entre 15 y 20 mm. En variantes, en cada unidad de luz, la lente colimada puede estar posicionada a una distancia de una fuente de luz en la unidad de luz que es entre 5% y 20% de la longitud focal nominal de la lente colimada.

[0017] En modalidades del sistema, cada unidad de luz comprende uno o más LED blancos de alta potencia. En variantes de modalidades del sistema, el sensor óptico puede ser un sensor monocromático o un sensor de color. En variantes de modalidades del sistema, el módulo de procesamiento de imágenes puede incluir un sensor monocromático y un módulo de filtros, el módulo de filtros comprende una pluralidad de filtros, y cada uno está configurado para filtrar una longitud de onda de luz. En variantes del sistema, el módulo de procesamiento de imágenes

también comprende un módulo de filtros, que incluye un filtro de polarización configurado para filtrar la luz reflejada antes de que llegue al sensor óptico. En variantes del sistema, también comprende un sistema de enfoque, que está formado por una plataforma de desplazamiento lineal y un motor, esta plataforma de desplazamiento lineal soporta mecánicamente el módulo de procesamiento de imágenes y se acopla al motor para mover linealmente el módulo de procesamiento de imágenes en dirección a la muestra de tejido, más cerca o más lejos, para enfocar el módulo de procesamiento de imágenes en la muestra de tejido. En otras modalidades, el sistema también puede comprender un sistema de enfoque, que está formado por una lente de membrana configurada para modificar un punto focal basado en el cambio en el índice de refracción.

[0018] En variantes de modalidades del sistema, el soporte de muestras también comprende una montura y un motor controlado electrónicamente. Esta montura está configurada para ser movida por el motor controlado electrónicamente y escanear automáticamente la muestra de tejido con el módulo de procesamiento de imágenes. En variantes de modalidades del sistema, cada unidad de luz de la pluralidad de unidades de luz también puede comprender una estructura de sujeción giratoria, esta estructura de sujeción giratoria acopla mecánicamente la unidad de luz al módulo de iluminación y permite el movimiento giratorio de la unidad de luz para dirigir la unidad de luz hacia el soporte de muestras

#### **BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS DISTINTAS VISTAS DE LOS DIBUJOS**

[0019] La figura 1 ilustra un sistema de captura de imágenes de microescala de acuerdo con una de las modalidades.

[0020] La figura 2 ilustra un módulo de captación de imágenes de acuerdo con una de las modalidades.

[0021] La figura 3 ilustra una perspectiva de un sistema de captura de imágenes de microescala de acuerdo con una de las modalidades.

[0022] La figura 4 ilustra una unidad de iluminación de acuerdo con una de las modalidades.

[0023] La figura 5A ilustra una prueba de resolución estándar USAF 1951 de acuerdo con una de las modalidades.

[0024] La figura 5B ilustra una aberración cromática utilizando distintos filtros de acuerdo con una de las modalidades.

[0025] La figura 5C ilustra desplazamiento de la imagen utilizando distintos filtros de acuerdo con una de las modalidades.

[0026] La figura 6 ilustra las temperaturas promedio del color en un lote de LEDs de acuerdo con una de las modalidades.

[0027] La figura 7 muestra imágenes obtenidas con una cámara para un determinado ángulo de iluminación de acuerdo con una modalidad.

5 [0028] La figura 8 muestra imágenes compuestas obtenidas al combinar imágenes tomadas en cada una de 76 direcciones de luz de entrada posibles de acuerdo con una modalidad.

[0029] Las figuras representan varias modalidades de ejemplo de la presente revelación únicamente a los fines de ilustración. Una persona con conocimientos básicos en la materia reconocerá fácilmente a partir de la siguiente discusión que pueden implementarse otras  
10 modalidades de ejemplo basadas en estructuras y métodos alternativos sin desviarse de los principios de esta revelación y que se abarcan dentro del ámbito de esta revelación.

### DESCRIPCIÓN DETALLADA

[0030] Las necesidades anteriores y otras están contempladas en los métodos, código ejecutable, y sistemas para la captura óptica de propiedades geométricas y ópticas de materiales para usar en  
15 el modelado de materiales en aplicaciones informáticas, incluidos, por ejemplo, diseño de prendas y modelado virtual, aplicaciones de captura de movimiento, biomecánica y diseño ergonómico y simulación, educación, negocios, compras virtuales y de realidad aumentada, y aplicaciones de entretenimiento, que incluyen animación y gráficos por computadora para películas digitales, juegos y videos interactivos, simulaciones de humanos, animales o  
20 personajes, aplicaciones virtuales y de realidad aumentada, robótica y similares.

[0031] Las figuras y la siguiente descripción resumen ciertas modalidades solo a título ilustrativo. Una persona con conocimientos básicos en la materia reconocerá fácilmente a partir de la siguiente descripción que pueden utilizarse modalidades alternativas de las estructuras y métodos ilustrados aquí sin desviarse de los principios descritos. Ahora nos referiremos en  
25 detalle a diversas modalidades, cuyos ejemplos se ilustran en las figuras adjuntas.

[0032] Los sistemas y métodos de acuerdo con varias modalidades describen un sistema de captura de imágenes de microescala. En las modalidades, se proporciona un sistema de captura de imágenes automatizado con una relación de ampliación 1:1 desde múltiples puntos de iluminación frontal de onda plana, que minimiza las auto-oclusiones.

30 [0033] Con referencia a la figura 1, se ilustra un sistema de captura de imágenes de microescala de acuerdo con una de las modalidades. El sistema 100 incluye un subsistema de captura de imágenes 101, un subsistema de iluminación 105 y un soporte de muestras 110. El subsistema

de captura de imágenes 101 incluye una disposición de lente 102, que se conecta a un sensor de captación de imágenes 103 para captar la imagen de la muestra. En algunas modalidades, el subsistema de captura de imágenes también puede incluir un motor 104, conectado a una disposición de lente 102 y al sensor de captación de imágenes 103 para mover el conjunto  
5 combinado en la dirección de la muestra, más cerca o más lejos, para enfocar la imagen deseada. En otras modalidades, el subsistema de captura de imágenes 101 incluye conjuntos adicionales de lentes y sensores de captación de imágenes para capturar, en simultáneo, áreas más grandes de la muestra.

[0034] En una modalidad, el subsistema de iluminación incluye un conjunto de unidades de  
10 iluminación 106a-106n, configurado para iluminar la muestra desde una pluralidad de ángulos. En una modalidad, el subsistema de iluminación incluye una carcasa 105. En una modalidad, la carcasa 105 es una estructura con forma de hemisferio, construida con perfiles de aluminio negro anodizado 107a-107n. En la modalidad ilustrada en la figura 1, hay nueve brazos de aluminio 107a-n, formados por nueve secciones. Los brazos 107 soportan los módulos de luz  
15 106 orientados hacia el objetivo en el soporte de muestra 110.

[0035] En una modalidad, el soporte de muestra 110 se puede desplazar con una montura de traslación XY para captar diferentes secciones de la muestra. En una modalidad, el soporte 110 también se puede rotar para captar ambos lados de la muestra. En las modalidades, el desplazamiento y/o la rotación XY también se puede lograr con uno o más motores controlados  
20 electrónicamente para proporcionar precisión repetible en el movimiento de la muestra. En las modalidades, el soporte 110 tiene una dimensión que se ajusta al requisito de oclusión de luz mínima que podría tapar el objetivo. De acuerdo con las modalidades, el soporte de muestras 110 tiene el tamaño necesario para sostener muestras de materiales de hasta 150 x 150 mm. La estructura mecánica del soporte 110 está diseñada en tamaño pequeño, pero robusto, lo que  
25 minimiza la posibilidad de proyectar sombras sobre la muestra al ser iluminada por fuentes de luz de múltiples direcciones. En una modalidad, el sistema proporciona caracterización automática de los distintos puntos de medición a lo largo de la superficie de una muestra en el soporte de muestras 110. Esto se logra al proporcionar el posicionamiento automático del soporte de muestras 110 para captar cada variación a lo largo de múltiples áreas de la muestra.  
30 El soporte de muestras motorizado 110 mueve la muestra en frente de la lente, desplazándola en direcciones X e Y a lo largo del plano frontal de captura. De esta manera, la muestra puede cruzar completamente la zona de captura del módulo de captación de imágenes en primer plano.

En una modalidad, el sistema incluye un módulo de captación de imágenes distante para analizar una muestra entera y determinar un conjunto de puntos de medición en la muestra como se describirá en detalle a continuación.

[0036] El soporte de muestras 110 y el subsistema de captura de imágenes puede estar apoyado sobre pedestales 108a y 108b. En una modalidad, la estructura de la carcasa 105 está completamente aislada de los pedestales 108a y 108b, para evitar cualquier vibración mecánica durante el proceso de captura de imágenes.

[0037] Con referencia a la figura 2, se ilustra un subsistema de captura de imágenes de acuerdo con otra de las modalidades. En una modalidad, el subsistema de captura de imágenes incluye un módulo de primer plano 200 con un sistema óptico 202 conectado a un sensor de imágenes 203 a través de un módulo de filtro 205. Un controlador 206 controla la captura mediante el sensor 203, el módulo de filtro 205 y el motor de enfoque 204. En una modalidad, estos componentes están conectados a una base mecánica deslizable 207 que se puede mover en ambas direcciones por medio de un motor 204 en el eje perpendicular al soporte de muestras. El módulo de primer plano 200 trabaja en áreas pequeñas de la muestra, por ejemplo, aproximadamente 10 x 10 mm a 100 x 100 mm, con una ampliación de 1:1.

[0038] En las modalidades, el sensor de imágenes 203 puede incluir un dispositivo de carga acoplada (CCD, por sus siglas en inglés), un semiconductor complementario de óxido metálico (CMOS, por sus siglas en inglés) o sensores de cámara similares. En las modalidades, el sensor de imágenes 203 puede ser de algunos megapíxeles a varias decenas de megapíxeles, y monocromático o a color.

[0039] Los sensores con el tamaño más pequeño de píxel ofrecen la mejor capacidad para resolver el tamaño más pequeño posible de material por píxel. Además, para el mismo tamaño de píxel, un CCD monocromático proporciona mejor resolución que un CCD a color, debido a los mosaicos de filtros de color incorporados de este último. En una modalidad, el sensor de imágenes 203 incluye una cámara monocromática de tamaño de píxel de 2 micras, y una cámara a color de tamaño de píxel de 1 micra. La cámara a color tiene la ventaja de que para las capturas de color rojo-verde-azul (RGB, por sus siglas en inglés) no requiere filtros de color (como se explicará a continuación), lo que elimina la alineación del filtro y las correcciones de distorsión y, también, reduce los tiempos de captura del material por un tercero.

[0040] En una modalidad, para captar los materiales de los tejidos, captar el espesor de las fibras individuales que forman el tejido, por lo general en el orden de unas pocas micras, el módulo de

primer plano 200 proporciona una resolución de 4 x 4 micras por píxel. En esta modalidad, el sistema es capaz de captar imágenes de 10 x 10 mm de tamaño aproximado, a fin de determinar la estructura del tejido a nivel del hilo, que generalmente se encuentra en ese rango de tamaño. En esta modalidad, el sensor de imágenes 203 incluye una cámara monocromática Mightex SME-B050, con resolución 2560 x 1920 y tamaño de píxel de 2,2 x 2,2.

[0041] Volviendo a la figura 2, el módulo de primer plano 200 también incluye un sistema óptico 202 para captar luz reflejada por la muestra y dirigirla al sensor de imágenes 203. El sistema óptico 202 incluye una lente y un tubo de extensión para garantizar una proporción de 1:1, aproximadamente y una distancia de trabajo lo suficientemente grande para minimizar las oclusiones de luz en la muestra. El tubo de extensión tiene el tamaño necesario para colocar el sensor 203 y la lente a una distancia específica de manera tal que la muestra esté en foco a otra distancia específica, permitiendo la iluminación de la muestra sin sombras desde la cámara.

Esto permite ampliar la muestra a expensas de estrechar la profundidad de campo. Por ejemplo, en la modalidad específica del tejido que se mencionó anteriormente, una lente focal de 50 mm con un espacio de extensión de 25 mm proporciona una ampliación de 0,5 a 100 mm de distancia. Este espacio actúa como tubo de extensión y es clave para lograr una distancia de trabajo más extensa sin perder ampliación. Dicha distancia extensa es necesaria para evitar que los sistemas proyecten sombras en la muestra de tejido, es decir, al reducir las oclusiones de luz al mínimo posible.

[0042] Para obtener una proporción de ampliación X:Y, los sistemas ópticos tienen que trabajar con una proporción X:Y de las distancias entre el objeto y la imagen. La distancia de la imagen se determina por la distancia desde el plano principal de la salida de la lente al sensor de imágenes. Si la lente está montada directamente en el cuerpo del sensor, muy cerca de éste, la distancia de imagen resultante es corta. Si la proporción es 1:1, la distancia del objeto también es corta, lo que obliga a sistema óptica a estar muy cerca de la muestra, provocando oclusiones de muchos puntos de iluminación. Los tubos de extensión se colocan entre la lente y la carcasa del sensor, de manera que el sistema óptico pueda ubicarse lejos de la muestra y mantener la proporción de ampliación al mismo tiempo. Por lo tanto, el plano de salida principal de la lente se aleja, aumentando la distancia de la imagen y la distancia del objeto, y permitiendo que la muestra se aleje del sensor, de manera tal que el ángulo sólido de las auto-oclusiones se reduce al mínimo posible.

[0043] Las propiedades de ampliación de los sistemas de procesamiento de imágenes de microescala permiten que el sistema capte detalles del material, como características de las fibras de un hilo, y que la cámara esté lo suficientemente lejos de la muestra para permitir la iluminación uniforme de la muestra. Por ejemplo, con un microscopio se podrían captar los detalles pequeños de las fibras de un hilo, pero llevaría mucho tiempo procesar una muestra típica (por ej., 150 x 150 mm). También tendría que estar muy cerca de la muestra, por lo que sería muy difícil de lograr la iluminación uniforme de la muestra. Además, la poca profundidad de campo del microscopio requeriría procesar una tela de espesor promedio al procesar todas las imágenes enfocadas; por lo tanto, sería necesario tomar varias imágenes con distancias focales diferentes para captar el espesor total de la muestra de tela. Por otra parte, para obtener los parámetros ópticos que se necesitan comúnmente para el modelado adecuado del material, el proceso de captura óptica requiere la variación de la dirección de luz a lo largo del hemisferio captado en distintas imágenes. La distancia de trabajo de un microscopio no permite esto, ya que gran parte del hemisferio está obstruido por el dispositivo en sí mismo y la iluminación disponible tiende a estar cerca de la muestra y desde una sola dirección.

[0044] En una modalidad, se utiliza un sensor de cámara monocromática 203 y un sistema de filtros de color 205 para captar las imágenes. El sistema de filtros de color 205 incluye un motor giratorio controlado electrónicamente que ubica cada uno de los filtros entre la lente de la cámara 202 y el sensor de imágenes 203. Los filtros de color pueden corresponder a cualquier longitud de onda de luz deseable, entre ultravioleta e infrarroja. Algunas modalidades, por ejemplo, pueden usar tres filtros para los tres colores primarios (rojo, verde y azul [RGB]), pero también se puede usar otro color o longitud de onda de luz en cualquier combinación. Se debe destacar que el sistema de filtros 205 puede ubicarse en frente del módulo óptico 202 en algunas modalidades. En una modalidad, el sistema de filtros 205 se ubica en el área del tubo de expansión más próximo al sensor 203 lo más alejado posible de la muestra para evitar la auto-oclusión proveniente de los filtros que proyectan sombras en la muestra. Por ejemplo, en una modalidad, un control deslizante de filtros motorizado y de múltiples posiciones con tres filtros RGB se ubica en el espacio entre la cámara y la lente. Con estos filtros, el sistema puede realizar el análisis de color sin la pérdida de resolución, debido a la ubicación de los píxeles en el mosaico de un sensor de color (mosaico de Bayer).

[0045] Teniendo en cuenta otro aspecto, en algunas modalidades, las lentes con filtros color en sí mismas pueden producir una aberración cromática debido a diferencias o a imperfecciones en

la lente, dando como resultado imágenes con colocación y enfoque diferentes para cada canal de longitud de onda de la luz, y provocando posibles patrones de desenfoque de distintos colores. Para corregir esto, la cámara aprovecha una unidad de desplazamiento motorizado lineal de alta precisión 204 que proporcione el enfoque correcto cada vez que se cambia el filtro de color. De esta manera, se asegura que las imágenes de cada canal de longitud de onda tengan la máxima resolución posible. Por ejemplo, en una modalidad, se toman 3 imágenes con el sensor de cámara monocromática 203 con cada uno de los tres filtros RGB. Un algoritmo de procesamiento posterior corrige las distorsiones radiales por canal y alinea los 3 canales de manera que la imagen esté limpia.

10 [0046] De acuerdo con otra modalidad, el módulo de filtros 205 incluye un sistema de polarización. En esta modalidad, el módulo de filtros 205 utiliza el motor para colocar en frente del sensor de imágenes 203 un filtro paralelo a la polarización de la luz incidente en la muestra o un filtro perpendicular a este. El propósito es diferenciar en las capturas entre la reflexión de luz especular de la muestra y la reflexión de luz difusa, ya que se sabe que múltiples difusiones  
15 despolarizan la luz después de un número de rebotes de luz. Para deducir las propiedades ópticas de la muestra de material, resulta útil aislar cada componente de luz lo máximo posible para que se puedan optimizar los parámetros del sistema general. Para un material ópticamente grueso, la luz interactúa con el material que ingresa en un punto y sale por otro distinto, con una dirección diferente, luego de varios eventos ópticos, como la difusión y la absorción, dentro del material. En este contexto, se conoce que la luz polarizada se despolariza después de varias  
20 interacciones de la luz dentro del material. El sistema de polarización separa el primer rebote de luz, el término especular, que siempre es del color del iluminante (por ej., blanco), del resto de la luz que resulta de múltiples difusiones. Estas otras reflexiones de luz contienen información sobre la absorción de las longitudes de onda de la luz en el material, que determina el color  
25 (tinte), entre otras cosas.

[0047] Volviendo a la figura 2, en una modalidad, el módulo de primer plano 200 también incluye un sistema de enfoque 204. El sistema de enfoque 204 puede implementarse de distintas maneras de acuerdo con varias modalidades. Por ejemplo, en una modalidad, el sistema de enfoque incluye una pluralidad de lentes (no se muestran) con longitudes focales diversas para  
30 cambiar el plano de enfoque. En otra modalidad, se proporciona una membrana focal (no se muestra). La membrana focal comprende una disposición de lente plana-convexa para modificar el índice de refracción y, a su vez, modificar el punto de enfoque de la cámara de primer plano.

En otra de las modalidades, el sistema de enfoque 204 incluye un sistema de enfoque mecánico. El sistema de enfoque mecánico incluye una plataforma de desplazamiento lineal de alta precisión 207 en la cual se colocan la cámara 203, óptica 202 y filtros 205 (RGB, polarizado, etc.). Esta plataforma de desplazamiento lineal 207 está impulsada por un motor a pasos. Por lo tanto, es posible enfocar y desenfocar la imagen captada de manera automática y controlada, al mover el sistema de captura más cerca o más lejos de la muestra. Este movimiento controlado también permite realizar el análisis profundo de las muestras mediante el apilamiento focal y la profundidad de las técnicas de desenfoco.

[0048] Para enfocar la muestra, se puede utilizar una lente con auto enfoque en el sistema de lentes. No obstante, la lente de auto enfoque no siempre es compatible con el tubo extensor, ya que las conexiones mecánicas entre los motores de enfoque que mueven las lentes y las lentes reales deben estar separadas por el tubo. Además, colocar filtros 205 entre dicha lente de auto enfoque y el sensor de imágenes 203 también generará dificultades. Por lo tanto, en las modalidades que usan un tubo extensor y filtros entre la lente y el sensor de imágenes, el sistema enfoca al desplazar todo el módulo de primer plano con un motor a pasos 204, que lo acerca o lo aleja de la muestra.

[0049] Con referencia a la Fig. 3, se proporciona un diagrama que ilustra un sistema de captura óptica de microescala de acuerdo con una de las modalidades. En esta modalidad, el sistema 300 incluye un módulo de captación de imágenes de primer plano 301 y un módulo de captación de imágenes lejano 302. El módulo de captación de imágenes lejano 302 capta imágenes de la muestra de material más grande 311 que se sostiene mediante el soporte de muestras 310. Por ejemplo, una o más cámaras pueden captar una muestra de material de aproximadamente 150 mm x 150 mm en el módulo de captación de imágenes lejano 302. El módulo de captación de imágenes lejano 302 capta una imagen de toda la muestra del material para identificar todas las áreas diferentes de la muestra, por ejemplo, debido a patrones de impresión, estructura del hilo, etc. Cada una de las áreas identificadas en la muestra requerirá una captura a una resolución en micras con el módulo de primer plano 301.

[0050] De acuerdo con una modalidad, el módulo de captación de imágenes lejano 302 incluye una cámara frontal que capta una imagen de toda la muestra, por ejemplo, 15 x 15 cm. La cámara puede ser una cámara CCD o CMOS y también puede incluir un sistema óptico con auto enfoque. La cámara y la lente se acoplan directamente y permanecen fijas en una posición lejana del soporte de muestras 310. Esta posición evita oclusiones de la iluminación y asegura

que la captura del tejido es lo más perpendicular posible a la muestra de manera tal que las imágenes tomadas proporcionen una ubicación representativa de la muestra dentro del soporte. Esto reduce el procesamiento posterior necesario para identificar la ubicación, por ejemplo, las coordenadas, de las distintas áreas en la muestra.

- 5 [0051] La imagen captada por la cámara frontal se procesa mediante un algoritmo de procesamiento de imágenes, ya sea provisto dentro del módulo lejano o en un sistema informático aparte (no se muestra) para detectar automáticamente cualquier variación en la estructura, color, tinte, patrones, patrones impresos, o similares. En el procesamiento de imágenes se segmenta la imagen en regiones de interés y se proporcionan coordenadas de cada
- 10 región. Estas coordenadas, por ejemplo, coordenadas x-y con referencia a una esquina del soporte de muestras 310, luego se utilizan para dirigir el módulo de captación de imágenes en primer plano 301 a cada una de estas regiones para obtener imágenes microscópicas de la muestra. Ambos sistemas determinan automáticamente el recorte mínimo de imágenes que representa la estructura mínima enlosable con la que se puede trabajar.
- 15 [0052] En estas modalidades, el módulo de primer plano 301 es guiado por el módulo lejano 302 para señalar un área determinada de la muestra 311 para obtener una secuencia de imágenes de la muestra. Por ejemplo, cada imagen en una secuencia proporciona una imagen representativa de una sección específica de la muestra iluminada desde distintas fuentes de luz. Luego, estos datos se utilizan por medio de los algoritmos de procesamiento posterior para
- 20 generar las imágenes digitales del material y extraer los parámetros estructurales y ópticos que permiten que un motor de simulación mecánica y óptica reproduzca virtualmente el material.
- [0053] De acuerdo con las modalidades, el módulo de captación de imágenes lejano 302 también puede incluir cámaras adicionales (no se muestran). Por ejemplo, en una modalidad, se colocan dos cámaras adicionales en los ángulos de incidencia (alrededor de 80 grados desde la
- 25 dirección normal de la muestra 311 o 10 grados desde el plano de la muestra), una perpendicular a la otra. Estas cámaras captan imágenes de toda la muestra para proporcionar datos de referencia adicionales para optimizar las propiedades ópticas de una sesión de caracterización de muestras dada, en la cual un motor de renderización genera parámetros ópticos variables de imágenes sintéticas de manera que las simulaciones coincidan con las capturas reales de dichas
- 30 cámaras en los ángulos críticos, en esta modalidad, una cámara frontal y dos cámaras de incidencia.

[0054] Volviendo a la figura 3, en las modalidades, el sistema comprende un módulo de iluminación con una pluralidad de unidades de iluminación 306a-306n. Las unidades de iluminación 306a-306n (también se muestran en la figura 1 como 106a-106n) se disponen alrededor del soporte de muestras. Por ejemplo, en las modalidades, las unidades de iluminación 106/306 se ubican en intervalos regulares, por ejemplo, cada 18 o 20 grados, alrededor de los brazos de una estructura mecánica esférica que apunta al soporte de muestras 310. En algunas modalidades, también se proporciona una luz posterior 312. La luz posterior 312 se puede dispersar mediante un difusor 313. En estas modalidades, la luz posterior difusa permite captar la transmitancia de la iluminación de la luz posterior. La luz posterior 312 y el difusor 313 pueden ser desmontables para evitar introducir una superficie blanca en el fondo de la muestra que se pueda ver a través de los espacios entre los hilos. De manera alternativa, la luz posterior 312 y el difusor 313 se configuran en una ubicación que no se encuadra dentro del imagen de la cámara. En las modalidades, la luz posterior 312 y el difusor 313 se proporcionan en un conjunto de luz posterior difusa (no se muestra) que se acopla al sistema en forma que se pueda desmontar. Por ejemplo, en algunas modalidades, el conjunto de luz posterior difusa se puede acoplar al soporte de muestras 310.

[0055] En las modalidades, el conjunto de luz posterior difusa incluye una luz posterior 312 de la fuente de luz, una capa difusora 313 y una capa electrocrómica entre la fuente de luz y el difusor. Por ejemplo, en una modalidad, la fuente de luz puede ser una fuente de luz LED de área blanca, tal como un dispositivo LED delgado que emite una luz blanca difusa y homogénea a lo largo de su superficie. El difusor puede ser una capa de vidrio traslúcido. Por ejemplo, un vidrio con una superficie rugosa y revestimiento anti-reflectancia, para minimizar la reflexión originada en las fuentes de luz cenital, en especial, en los ángulos de incidencia. El difusor también muestra suficiente transmitancia para permitir el paso de la luz proveniente del LED de área blanca. La capa electrocrómica puede ubicarse entre la fuente LED de área blanca y el difusor. La capa electrocrómica se vuelve opaca (por ej., negro) cuando se establece la corriente eléctrica con el objetivo de minimizar rebotes y reflexiones secundarios cuando se ilumina la muestra desde el domo. Cuando se enciende el LED de área blanca, la capa electrocrómica se vuelve transparente al desconectar la corriente eléctrica y, esta manera, la luz atraviesa la muestra desde atrás, y la cámara puede captar las propiedades de transmitancia de la muestra. En las modalidades, el conjunto de luz posterior difusa se ubica lo más cercano posible al soporte de muestras 310, de manera tal que la divergencia de los rayos emitidos desde un área

diferencial del conjunto de luz posterior es lo más similar posible a un hemisferio completo de direcciones salientes. Como se mencionó anteriormente, el conjunto de luz posterior difusa se puede separar del soporte de muestras, de manera tal que el soporte de muestras puede girar 180 grados para captar el lado posterior del tejido. La separación se puede realizar en forma automática o manual.

[0056] Con referencia a la figura 4, se proporciona un diagrama de la unidad de iluminación 400 de acuerdo con una de las modalidades. En una de las modalidades, cada unidad de iluminación 400 incluye una fuente de luz 401, una lente colimada 402 y un polarizador lineal 403, que se pueden alojar, opcionalmente, en una carcasa integrada 404.

[0057] De acuerdo con una modalidad, la fuente de luz 401 es un LED blanco con base de fósforo de alta potencia. En las modalidades, la fuente de luz 401 puede ser de diferentes colores según la aplicación prevista. Por ejemplo, si se sabe que el material es de un color específico, se pueden utilizar fuentes de luz que destaquen las características de la muestra. No obstante, para un sistema más genérico, una fuente de luz blanca permite la reflexión de luz de muestras de cualquier color o combinación de colores, por lo que es una buena elección para un sistema de este tipo. Asimismo, una fuente de alta potencia, como un LED con base de fósforo de alta potencia, permite el procesamiento rápido ya que da suficiente luz para tiempos de exposición más prolongados y es esencialmente uniforme en cuanto a potencia, intensidad y color de la luz de salida. Por ejemplo, una fuente de luz tipo flash convencional, si bien puede utilizarse en algunas aplicaciones, no será tan uniforme como un LED blanco con base de fósforo de alta potencia.

[0058] La unidad de iluminación 400 también incluye una lente 402. En una modalidad, la lente 402 puede ser una lente condensadora esférica, u otra lente colimada. En otras modalidades, pueden utilizarse diferentes tipos de lente. La carcasa 404 mantiene la distancia entre la fuente de luz 401 y la lente 402. De acuerdo con uno de los aspectos de las modalidades, la distancia preferente entre la fuente de luz 401 y la lente 402 es una distancia que asegure que la iluminación en la muestra tenga una distribución uniforme de potencia y con la máxima densidad de potencia posible en las dimensiones de captura de imagen. La distancia también depende del diámetro de la lente y la longitud focal como se describirá más adelante.

[0059] Si la lente 402 se coloca en su distancia focal desde la fuente de luz 401, la colimación de los haces de luz se encuentra en el máximo teórico, es decir, la divergencia es el mínimo. Si la lente 402 se coloca a una distancia que provoca que una imagen de la fuente de luz 401 se

proyecte en la muestra 411, la cantidad de luz que llega a la muestra está en su máximo. La relación entre la distancia focal de la lente 402 y las distancias entre la lente 402 y la fuente de luz 401 y la lente 402 y la muestra 411 se determinan por la siguiente ecuación:

$$\frac{1}{\text{Longitud focal}} = \frac{1}{\text{Distancia de lente a fuente de luz}} + \frac{1}{\text{Distancia de lente a muestra}}$$

5 [Ecuación 1]

[0060] Por ejemplo, para una lente 402 con una distancia focal de 16 mm y donde la muestra 411 está ubicada a 700 mm de distancia de la fuente de iluminación 401, colocar la lente 401 a 16 mm de la fuente de luz 401 proporciona la mejor divergencia (más pequeña) de los rayos de luz. No obstante, colocar la lente 402 a 16,4 mm hace que se forme una imagen de la fuente de luz 401 sobre la muestra. En esta modalidad, estas distancias son bastante cercanas, ya que la distancia de la muestra 411 a la lente 402 es relativamente amplia. Sin embargo, la pequeña diferencia en distancia para la colocación de la lente puede resultar en manchas o en una "huella" de la fuente de luz 401 sobre la muestra, que genera irregularidad de la luz en la muestra. Dada esta pequeña tolerancia, una vez que se ubica la lente 402 a una distancia

10 determinada desde la fuente de luz 401, si la iluminación de la muestra no es lo suficientemente uniforme o regular, el enfoque de la lente 402 puede cambiarse para desenfocar levemente la fuente de luz sobre la muestra como se expone más adelante.

[0061] De acuerdo con las modalidades, la distancia entre la fuente de luz 401 y la lente 402 es entre 5% y 20% de la distancia focal nominal de la lente 402, preferentemente alrededor del 10%. Por ejemplo, para una lente 401 con una distancia focal de 16 mm, la colocación puede ser hasta 17-18 mm desde la fuente de luz 401. En esa posición, la divergencia del rayo de luz no es ideal, pero es suficiente y la cantidad de luz sobre la muestra 411 no disminuye considerablemente. En otras modalidades, la lente 402 se puede colocar a distancias más alejadas o cercanas a la fuente de luz 401, sin perder rendimiento.

[0062] La optimización de la captura de imágenes requiere mejorar la uniformidad de la distribución de potencia en el área de la muestra que se captará, y maximizar la densidad de potencia óptica, que reduce el tiempo de exposición de las capturas. Para lograrlo, se prefieren fuentes de luz direccionales. Sin embargo, la mayoría de las fuentes de luz, como los LED, emiten luz en múltiples direcciones. Por ejemplo, algunos LED emiten luz prácticamente en hemisferios alrededor de cada fuente puntual. Para aumentar la densidad de la potencia óptica en la muestra, es preferible usar lentes colimadas 402 que reúnen la luz emitida por la fuente de luz 401 y la dirigen hacia la muestra.

25  
30

[0063] En dichas modalidades, se selecciona el diámetro de lente para optimizar la compensación entre maximizar la cantidad de luz liberada en la muestra y minimizar la divergencia de los rayos de luz. Cuanto más grande sea el diámetro de la lente, mayor será la cantidad de luz que llegue a la muestra, pero cuanto menor sea el diámetro de la lente, menor será la divergencia de los rayos dirigido a la muestra. La divergencia en la muestra  $D$  se proporciona mediante la siguiente ecuación:

$$D = \frac{(\text{Tamaño de muestra} + \text{tamaño de lente})}{2 \cdot \text{Distancia de lente a muestra}} \quad \text{[Ecuación 2]}$$

Por ejemplo, para un tamaño de muestra de 10 mm y una distancia de lente a muestra entre 35 cm y 70 cm, un diámetro de 1 pulgada proporciona alrededor de 1 o 2 grados de divergencia, que provee un frente de onda considerablemente plano en la muestra. Para la captura de imágenes de microescala de acuerdo con las modalidades descritas aquí, se proporciona un frente de onda considerablemente plano con lentes 402 con diámetros en el rango de 0,5 a 1,5 pulgadas.

[0064] Además, se proporcionan lentes 402 con longitudes focales cortas. La longitud focal define la divergencia de la luz que sale de la lente, que se determina por la siguiente ecuación:

$$\text{Salida de divergencia} = \frac{\text{Tamaño de fuente de luz}}{2 \cdot \text{Longitud focal}} \quad \text{[Ecuación 3]}$$

Cuanto mayor sea la longitud focal, menores serán los rayos divergentes que salen de la lente y, por lo tanto, habrá mayor concentración de luz en la muestra. De manera similar, cuanto menor sea la longitud focal, mayor cantidad de luz se reunirá en la lente. Por lo tanto, de acuerdo con las modalidades, la cantidad de luz que llega a la muestra se maximiza por una longitud focal entre 15 y 20 mm, con un rango aceptable entre 10 y 50 mm en varias modalidades.

[0065] Por ejemplo, en una modalidad, los módulos de iluminación 400 están diseñados para producir un haz incidente de poca divergencia con lentes de diámetro efectivo de 20 mm y longitud focal de 16 mm que se combinan con LED de 3 x 3 mm. En total, de acuerdo con la ecuación 3, estas unidades de luz dan como resultado una divergencia de haz de salida de aproximadamente 5°. En esta modalidad, el tamaño de la imagen objetivo captada es 10 x 7,5 mm, a una distancia de 650 mm desde la fuente. Por lo tanto, de acuerdo con la ecuación 2, la divergencia del haz incidente en la muestra es aproximadamente 1,3° horizontal y 1° vertical. Además, como se mencionó anteriormente, con una lente con una longitud focal de 16 mm, la distancia entre la fuente de luz 401 y la lente 402 es alrededor de 18 mm.

[0066] De acuerdo con otro aspecto de las diversas modalidades, la distancia entre cada unidad de luz 400 y la muestra objetivo 411 se mantiene constante. Por ejemplo, en una modalidad, la

carcasa 404 incluye un sistema de sujeción 405 a la estructura mecánica (por ejemplo, elemento 105 en la figura 1) que permite orientar el haz de luz en la muestra 411 de manera simple y estable a lo largo del tiempo. Una vez que se coloca cada unidad de iluminación 400 en la estructura mecánica 105 del sistema, el haz de luz se orienta hacia la muestra 411. En una 5 modalidad, el sistema de sujeción 405 incluye una estructura de sujeción giratoria que permite la rotación limitada de la carcasa 404 alrededor de un punto central. En esta modalidad, un usuario puede rotar manualmente la carcasa hacia la muestra 411. Otros sistemas de sujeción 405 y métodos alternativos para orientar las unidades de iluminación 400 se contemplan dentro del ámbito de aplicación de la revelación. Por ejemplo, se puede proporcionar un sistema de 10 sujeción motorizado 405 que se controla mediante un controlador (no se muestra) remoto a las unidades. Por ejemplo, se puede proporcionar una computadora que ejecuta un software, incluidos comandos de control para controlar cada sistema de sujeción motorizado 405. En otra modalidad, se utiliza un sistema de sujeción 405 con resortes y tornillos de sujeción, que permite que el plano de la fuente de iluminación 401 gire en 3D de manera simple, mientras se fija con el tornillo para retener la posición y permanecer estable con el tiempo. Otras modalidades 15 incluyen sistemas de sujeción fijos 405 fabricados para mantener la posición necesaria para cada unidad de iluminación 400 con respecto al soporte de muestras.

[0067] De acuerdo con otro aspecto de las modalidades del sistema, las unidades de iluminación 400 se calibran para optimizar la iluminación de la muestra 411 con una iluminación de onda 20 plana frontal. En una modalidad, la densidad de potencia máxima en la muestra 411 se obtiene cuando la lente 402 forma una imagen de la fuente de iluminación 401 en la muestra 411. No obstante, dada la naturaleza de la emisión de la luz desde las fuentes de iluminación, por ejemplo, LED blanco, la luz se distribuye generalmente en forma irregular y forma manchas espaciales que conducen a una iluminación no uniforme. De acuerdo con una modalidad, para 25 iluminar la muestra 411 con una distribución de luz más uniforme, la lente 402 de cada unidad de iluminación 400 se desenfoca levemente. Esto desdibujará levemente la imagen de las fuentes de iluminación en la muestra y reducirá o eliminará las manchas, proporcionando, en consecuencia, una iluminación más uniforme en la muestra. El ligero desenfocado de la lente 402 hace que las manchas de emisión espacial de las fuentes de iluminación 401 se dispersen para 30 obtener uniformidad en la iluminación, al mismo tiempo que se trabaja cerca de la densidad de potencia óptica máxima en la muestra 411.

[0068] De acuerdo con las modalidades, la lente 402 también puede incluir un filtro polarizador 403. El filtro polarizador 403 puede ser un polarizador lineal que se gira para ajustar la polarización según el analizador de polarización y un módulo filtro de polarizador 205 correspondiente ubicado en la unidad de cámara. La combinación de los filtros polarizadores en las unidades de iluminación 400 y el módulo de primer plano 300 permite separar los componentes de luz en procesamiento posterior como se mencionó anteriormente.

[0069] Usando una modalidad del sistema descrito aquí, los inventores realizaron una serie de pruebas para determinar el rendimiento del sistema. En esta modalidad, la resolución óptica del sistema óptico completo se midió con la prueba de resolución estándar USAF 1951 (figura 5A), y resultó 7.5, que es equivalente a 203 línea-par/mm. Por lo tanto, en esta modalidad, la resolución del sistema solo está limitada por el tamaño de píxel de la cámara (454 píxeles/mm) y no por la lente y la extensión utilizadas. Además, se utilizó una cuadrícula de espaciado uniforme de 125  $\mu\text{m}$  para evaluar la distorsión y la aberración cromática y el desplazamiento de la imagen. Esta prueba muestra que la distorsión está debajo del nivel de resolución del sistema en toda la imagen. La aberración cromática y el desplazamiento de la imagen se observaron al utilizar distintos filtros RGB. Ambos fenómenos son repetitivos y se pueden corregir fácilmente (como se muestra en la figura 5B y 5C). Como se analizó anteriormente, la aberración cromática se corrige al cambiar la distancia de trabajo de la cámara para cada filtro con la etapa lineal motorizada. El desplazamiento se fija durante el procesamiento de imágenes posterior.

Estas correcciones permanecen constantes, por lo que solo deben determinarse una vez, durante un proceso de calibración.

[0070] En esta modalidad, el sistema de iluminación comprendió LED blancos CREE XP-L2. Su uniformidad, tanto en potencia como en color, se probó con un espectrómetro láser 2000 Smini, con un rango espectral de 225 a 1000 nm. La temperatura promedio del color del lote de LED fue 5639 K con una desviación estándar de 367 K (como se muestra en la figura 6). El flujo luminoso fue 245 lm en promedio con una desviación estándar de 43 lm. Estas variaciones se calibraron y se utilizaron los resultados durante la etapa de procesamiento de imágenes posterior para corregir las no uniformidades necesarias.

[0071] La figura 7 muestra imágenes obtenidas directamente de la cámara para un determinado ángulo de iluminación de acuerdo con esta modalidad. Se muestra cómo ciertos tipos de fibras específicas (por ej., fibras aéreas) emergen durante condiciones de iluminación particulares. A los fines de extracción geométrica, la iluminación difusa se vuelve muy útil en lugar de la luz

colimada directa. Aprovechando las ventajas de la naturaleza aditiva de la luz, la figura 8 muestra las imágenes compuestas obtenidas al combinar las imágenes tomadas en cada una de las 76 direcciones de luz de entrada posibles.

[0072] Los datos obtenidos con esta modalidad del sistema de captura óptica se ajustan para extraer las propiedades geométricas y ópticas de una muestra de tejido a nivel de las fibras.

Luego, estas propiedades se utilizan como datos de entrada para un motor de renderización fotográfica realista basado en el trazado de caminos volumétrico. Básicamente, el motor simula el transporte de luz a la escala de fibras, también modelando los patrones de dispersión de luz anisótropos a escala de micras. Dichas propiedades se extraen perfectamente con el dispositivo presentado, que proporciona suficiente resolución, tamaño de píxel suficientemente pequeño y buen nivel de colimación de luz para cumplir con nuestros requisitos.

[0073] La descripción precedente de las modalidades se ha presentado a los fines ilustrativos; no está destinada a ser exhaustiva ni a limitar los derechos de patente a las formas precisas reveladas. Las personas expertas en la materia pueden apreciar que muchas modificaciones y variaciones son posibles teniendo en cuenta la revelación anterior.

[0074] Algunas partes de esta descripción describen las modalidades en términos de algoritmos y representaciones simbólicas de operaciones sobre información. Estas descripciones y representaciones algorítmicas son utilizadas comúnmente por los expertos en la materia para procesar datos para transmitir el contenido de su trabajo de manera efectiva a otros expertos en la materia. Se entiende que estas operaciones, si bien se describen en términos funcionales, informáticos o lógicos, se implementarán a través de programas informáticos o circuitos eléctricos, microcódigos equivalentes o similares. Asimismo, se ha comprobado que es práctico, en ocasiones, referir a estas disposiciones de operaciones como módulos, sin perder la generalidad. Las operaciones descritas y sus módulos asociados pueden representarse en software, firmware, hardware o cualquier combinación de estos.

[0075] Cualquiera de los pasos, operaciones o procesos descritos aquí pueden realizarse o implementarse con uno o más módulos de hardware o software, en forma independiente o en combinación con otros dispositivos. En una modalidad, se implementa un módulo de software con un producto de programa informático que comprende un soporte legible por computadora, que incluye un código de programa informático, que se puede ejecutar por medio de un procesador de computadora para realizar alguno o todos los pasos, operaciones o procesos descritos.

[0076] Las modalidades también pueden referirse a un aparato para realizar las operaciones descritas aquí. Este aparato se puede construir especialmente para los fines necesarios y/o puede comprender un dispositivo informático de uso general activado o reconfigurado selectivamente por un programa informático almacenado en la computadora. Dicho programa informático se puede almacenar en un soporte legible por computadora tangible, no transitorio o en cualquier tipo de soporte adecuado para almacenar instrucciones electrónicas, que se pueda conectar a un bus del sistema informático. Además, cualquier sistema informático referido en la especificación puede incluir un solo procesador o pueden ser arquitecturas con varios diseños de procesador para aumentar la capacidad del ordenador.

10 [0077] Por último, el lenguaje utilizado en la especificación se seleccionó principalmente teniendo en cuenta los fines de legibilidad e instructivos, y no se ha seleccionado para delinear o circunscribir el objeto de la invención. Por lo tanto, se espera que el ámbito de aplicación de los derechos de patente no se limite por esta descripción detallada sino por las reivindicaciones que se publican en una aplicación basada en adelante. Por consiguiente, la revelación de las

15 modalidades tiene por objeto ilustrar, pero no de manera taxativa, el ámbito de aplicación de los derechos de patente, que se establecen en el siguiente.

## REIVINDICACIONES

Lo que se reivindica es:

1. Un sistema de procesamiento de imágenes de microescala que comprende:

§ un módulo de procesamiento de imágenes, que incluye un sensor óptico, un tubo de extensión y una lente, la lente se acopla al tubo de extensión y el tubo de extensión se dispone en frente del sensor óptico para guiar la luz desde la lente al sensor óptico, el sensor óptico que incluye una pluralidad de píxeles de un tamaño, la lente está configurada para que el sensor óptico capte, para cada píxel  
10 de la pluralidad de píxeles, un área de una muestra de tejido esencialmente del mismo tamaño que el tamaño de las píxeles;

un soporte de muestras configurado para mantener la muestra durante el procesamiento, el soporte de muestra también está configurado para presentar la muestra de tejido al módulo de procesamiento de imágenes sin obstrucción de luz incidente o  
15 luz reflejada;

un módulo de iluminación, que incluye una pluralidad de unidades de luz dispuestas espacialmente alrededor del soporte de muestras y orientadas hacia el soporte de muestras, cada unidad de luz está configurada para proporcionar una iluminación de frente de onda plana de la luz incidente en la muestra de tejido;

20 donde la lente del módulo de procesamiento de imágenes está ubicada con respecto al sensor óptico y al tubo de extensión para que el módulo de procesamiento de imágenes pueda ubicarse con respecto al soporte de muestra de manera que evite oclusiones en la luz incidente del módulo de iluminación y que capte la luz reflejada en un frente de onda considerablemente plano.

25 2. El sistema de la reivindicación 1, en el que cada unidad de luz incluye una lente colimada dimensionada para maximizar una intensidad de la luz incidente proyectada por cada unidad de luz en la muestra de tejido.

30 3. El sistema de la reivindicación 1, en el que el módulo de procesamiento de imágenes también comprende un módulo de filtros, que incluye un filtro de polarización configurado para filtrar la luz reflejada antes de que llegue al sensor óptico.

4. El sistema de la reivindicación 1 que además comprende un sistema de enfoque, que está formado por una plataforma de desplazamiento lineal y un motor, esta plataforma de

desplazamiento lineal soporta mecánicamente el módulo de procesamiento de imágenes y se acopla al motor para mover linealmente el módulo de procesamiento de imágenes en dirección a la muestra de tejido, más cerca o más lejos, para enfocar el módulo de procesamiento de imágenes en la muestra de tejido.

- 5 5. El sistema de la reivindicación 1 que también comprende un sistema de enfoque, que está formado por una lente de membrana configurada para modificar un punto focal basado en el cambio en el índice de refracción.
6. El sistema de la reivindicación 1, en el que el soporte de muestras también comprende una montura y un motor controlado electrónicamente, esta montura está configurada para ser  
10 movida por el motor controlado electrónicamente y escanear automáticamente la muestra de tejido con el módulo de procesamiento de imágenes.
7. El sistema de la reivindicación 2, en el que la lente colimada en cada unidad de luz tiene un diámetro entre 0,5 y 1,5 pulgadas.
8. El sistema de la reivindicación 2, en el que la lente colimada en cada unidad de luz tiene una  
15 longitud focal entre 15 y 20 mm.
9. El sistema de la reivindicación 8, en el que, en cada unidad de luz, la lente colimada está posicionada a una distancia de una fuente de luz en la unidad de luz que es entre 5% y 20% de la longitud focal nominal de la lente colimada.
10. El sistema de la reivindicación 1, en el que cada unidad de luz comprende uno o más LED  
20 blancos de alta potencia.
11. El sistema de la reivindicación 1, en el que el sensor óptico es un sensor monocromático o un sensor de color.
12. El sistema de la reivindicación 1, en el que el módulo de procesamiento de imágenes incluye un sensor monocromático y un módulo de filtros, el módulo de filtros comprende una  
25 pluralidad de filtros, y cada uno está configurado para filtrar una longitud de onda de luz.
13. El sistema de la reivindicación 1, en el que cada unidad de luz de la pluralidad de unidades de luz también comprende una estructura de sujeción giratoria, esta estructura de sujeción giratoria acopla mecánicamente la unidad de luz al módulo de iluminación y permite el movimiento giratorio de la unidad de luz para dirigir la unidad de luz hacia el soporte de  
30 muestras.
14. Un sistema de procesamiento de imágenes de microescala que comprende:

un soporte de muestras configurado para mantener una muestra de tejido para el procesamiento, el soporte de muestra también está configurado para presentar la muestra de tejido a un primer módulo de procesamiento de imágenes y a un segundo módulo de procesamiento de imágenes sin obstrucción de luz incidente o luz reflejada;

5

un primer módulo de procesamiento de imágenes, que comprende una o más cámaras digitales alejadas ubicadas en un lugar fijo con respecto al soporte de muestras, las cámaras digitales alejadas están configuradas para captar una o más imágenes de toda una muestra de tejido para determinar una pluralidad de regiones en la muestra de tejido;

10

un segundo módulo de procesamiento de imágenes, que comprende una o más cámaras digitales de primer plano, cada una de ellas incluye una lente y un sensor óptico correspondiente, cada sensor óptico incluye una pluralidad de píxeles con un tamaño de píxel, cada lente está configurada para que el sensor óptico correspondiente pueda captar, para cada píxel de la pluralidad de píxeles, un área representada de la muestra de tejido esencialmente del mismo tamaño que el tamaño de píxel;

15

un módulo de iluminación que comprende una pluralidad de unidades de luz, cada unidad de luz está configurada para proporcionar una iluminación de frente de onda plana de la muestra de tejido en cada una de la pluralidad de regiones de la muestra de tejido.

20

15. El sistema de la reivindicación 14, en el que cada unidad de luz incluye una lente colimada dimensionada para maximizar una intensidad de la luz incidente proyectada por la unidad de luz en la muestra de tejido.

25

16. El sistema de la reivindicación 14, en el que el segundo módulo de procesamiento de imágenes también comprende un módulo de filtros para cada una de las cámaras digitales de primer plano, cada módulo de filtros se acopla mecánicamente a una cámara digital de primer plano de una o más de las cámaras digitales de primer plano e incluye un filtro de polarización configurado para filtrar una luz reflejada por la muestra de tejido antes de que llegue a la cámara digital de primer plano.

30

17. El sistema de la reivindicación 14 que además comprende un sistema de enfoque, que está formado por una plataforma de desplazamiento lineal y un motor, esta plataforma de

desplazamiento lineal soporta mecánicamente el segundo módulo de procesamiento de imágenes y se acopla al motor para mover linealmente el módulo de procesamiento de imágenes en dirección a la muestra de tejido, más cerca o más lejos, para enfocar el segundo módulo de procesamiento de imágenes en la muestra de tejido.

- 5 18. El sistema de la reivindicación 14 que también comprende un sistema de enfoque, que está formado por una lente de membrana configurada para modificar un punto focal basado en el cambio en el índice de refracción.
19. El sistema de la reivindicación 14, en el que el soporte de muestras también comprende una montura y un motor controlado electrónicamente, esta montura está configurada para ser  
10 movida por el motor controlado electrónicamente y escanear automáticamente la muestra de tejido con el segundo módulo de procesamiento de imágenes.
20. El sistema de la reivindicación 15, en el que la lente colimada en cada unidad de luz tiene un diámetro entre 0,5 y 1,5 pulgadas.
21. El sistema de la reivindicación 15, en el que la lente colimada en cada unidad de luz tiene  
15 una longitud focal entre 15 y 20 mm.
22. El sistema de la reivindicación 21, en el que, en cada unidad de luz, la lente colimada está posicionada a una distancia de una fuente de luz en la unidad de luz que es entre 5% y 20% de la longitud focal nominal de la lente colimada.
23. El sistema de la reivindicación 14, en el que cada unidad de luz comprende uno o más LED  
20 blancos de alta potencia.
24. El sistema de la reivindicación 14, en el que una o más cámaras digitales de primer plano incluyen un sensor monocromático o un sensor a color.
25. El sistema de la reivindicación 14, en el que una o más cámaras digitales de primer plano en el segundo módulo de procesamiento de imágenes incluye un sensor monocromático y un  
25 módulo de filtros, el módulo de filtros comprende una pluralidad de filtros, y cada uno está configurado para filtrar una longitud de onda de luz.
26. El sistema de la reivindicación 14, en el que cada unidad de luz de la pluralidad de unidad de luz también comprende una estructura de sujeción giratoria, esta estructura de sujeción giratoria acopla mecánicamente la unidad de luz al módulo de iluminación y permite el  
30 movimiento giratorio de la unidad de luz para dirigir la unidad de luz hacia el soporte de muestras.

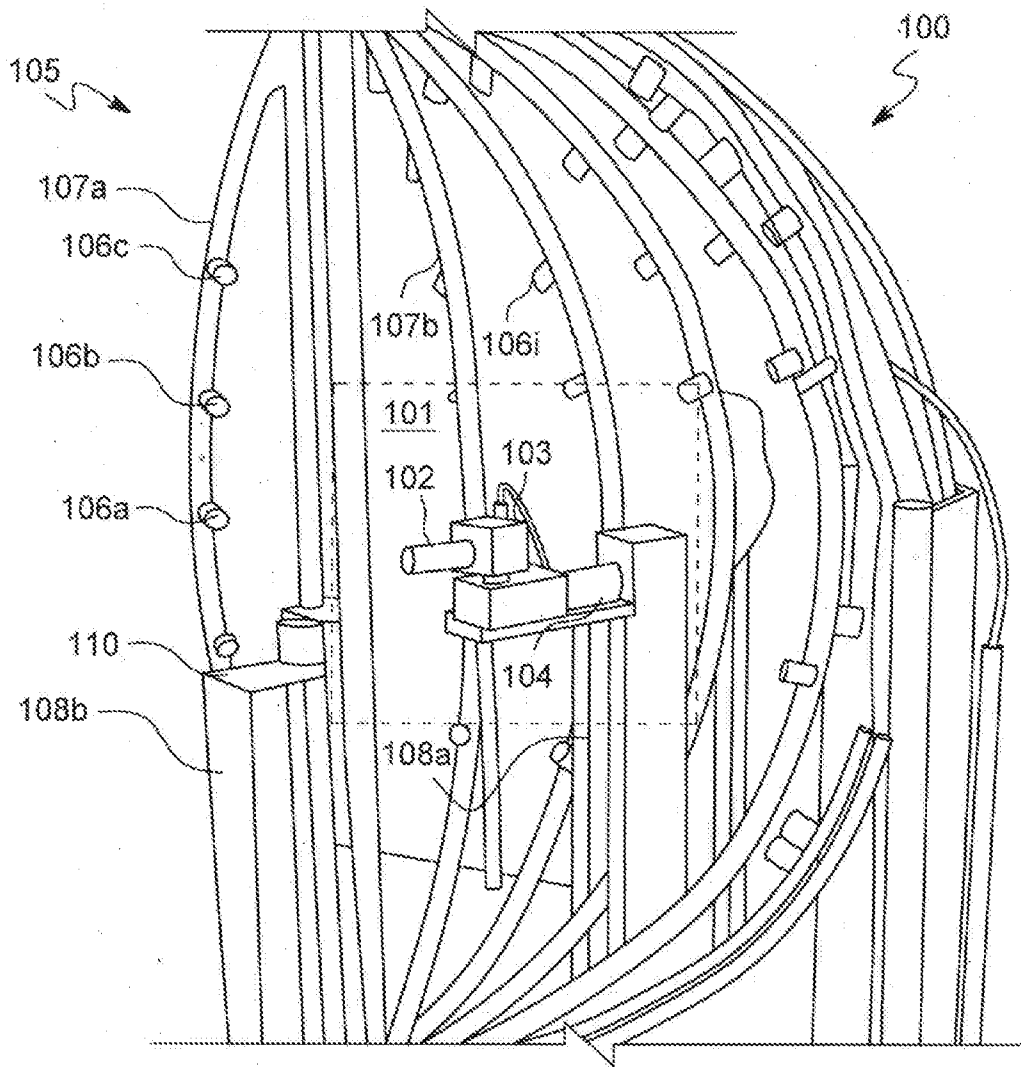


FIG. 1

2/6

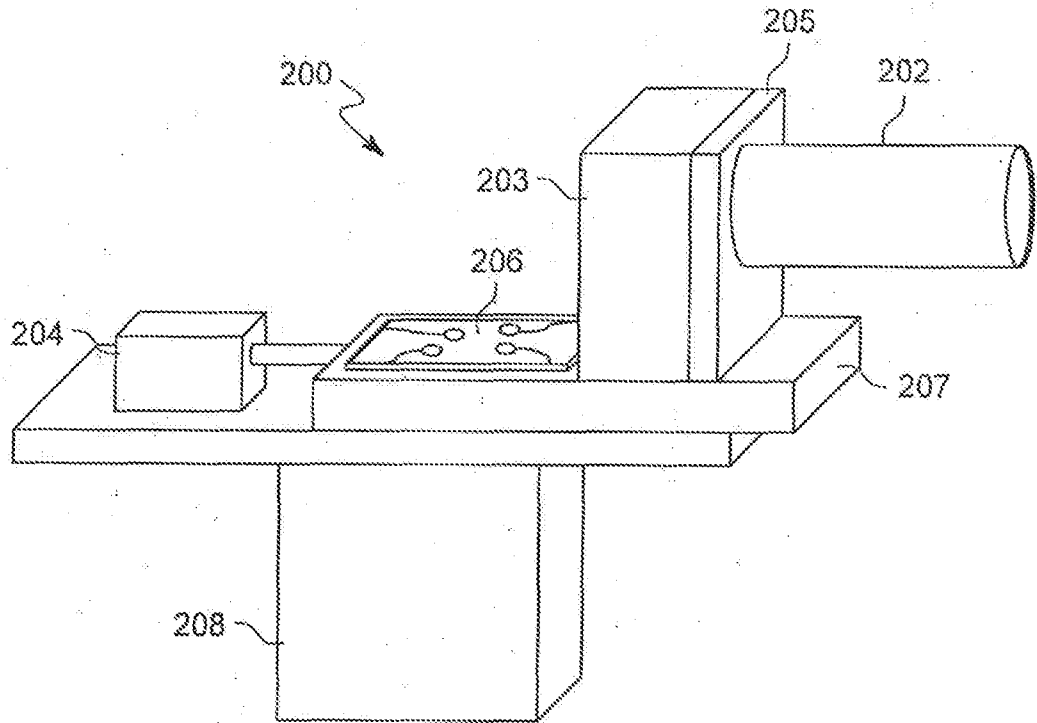


FIG. 2

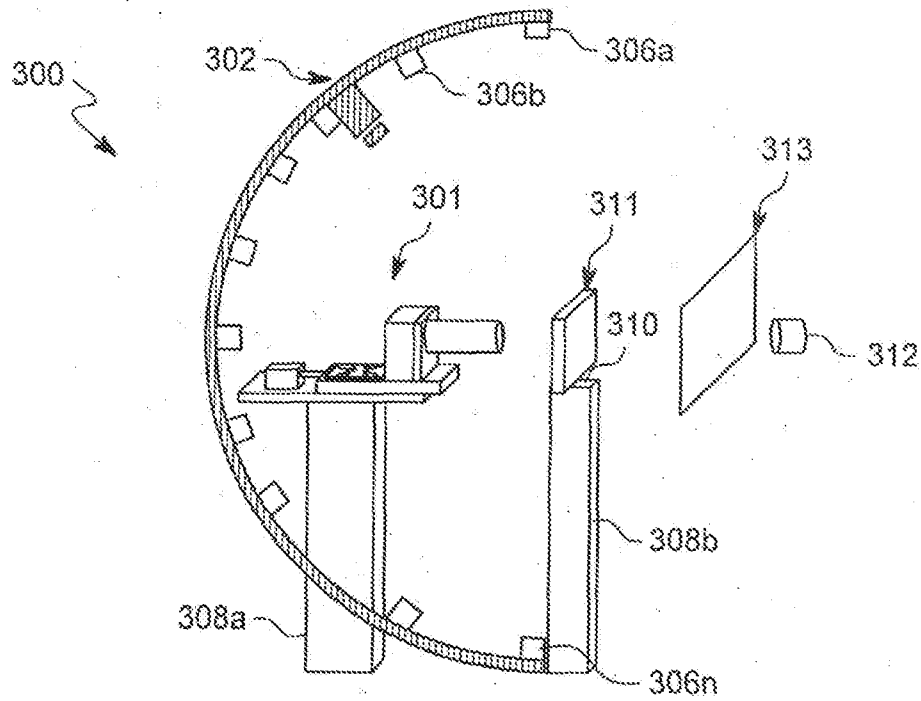


FIG. 3

3/6

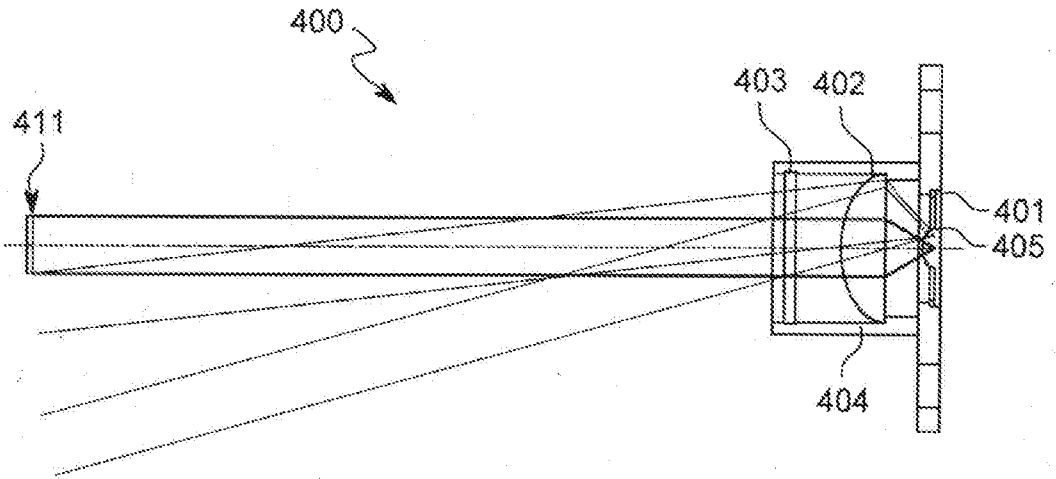


FIG. 4

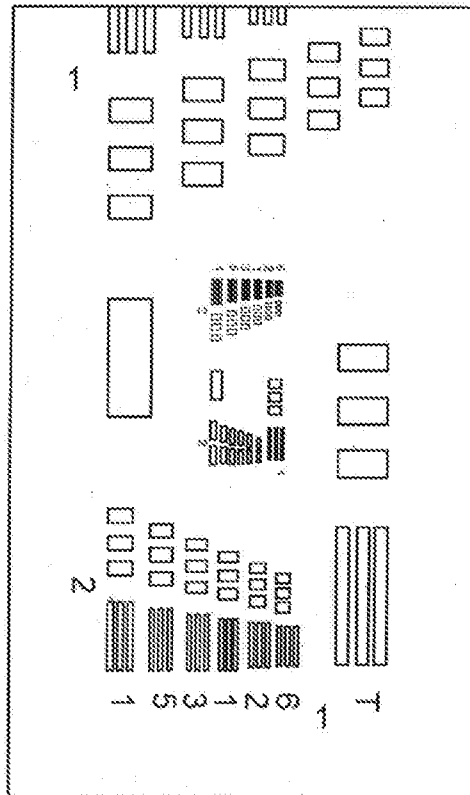


FIG. 5A

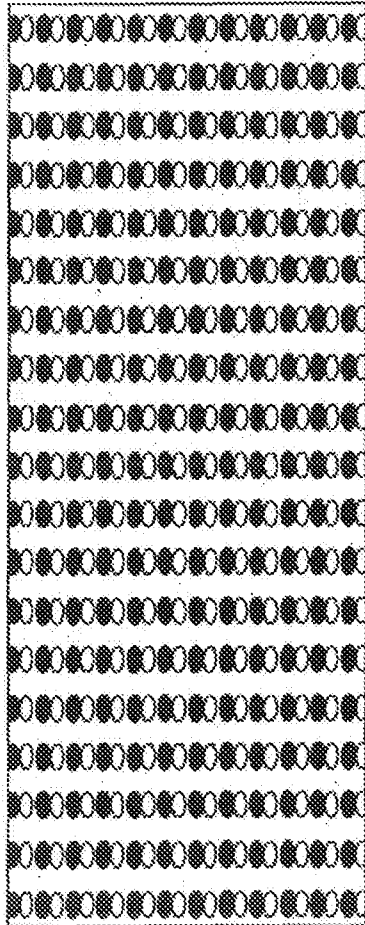


FIG. 5B

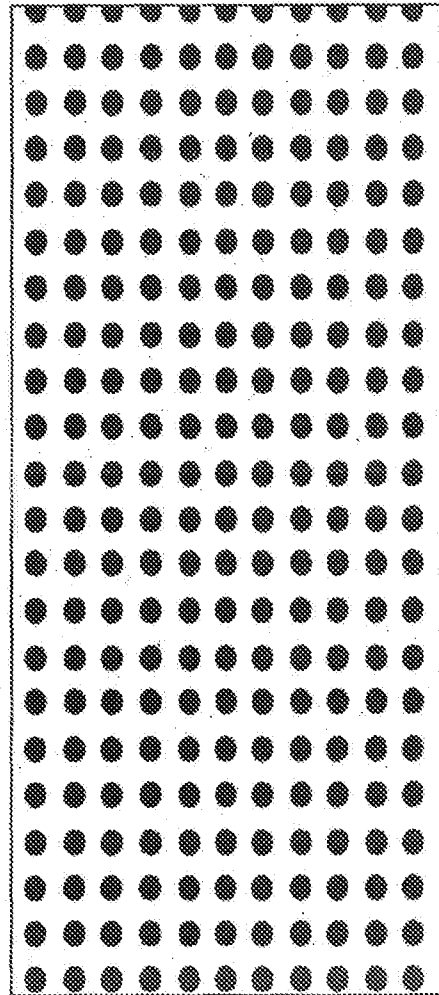


FIG. 5C

6102	6650	5108	5544	5831	4964	5103	5513	5233
5731	5936	5769	5515	5613	5251	5382	5114	5871
5564	5894	5357	5406	5120	5270	5545	5442	5853
5682	6064	5636	5147		5287	5361	5817	5487
5480	5909	5047				5676	5569	5824
5217	6242	5316	5263		5109	6091	5312	5551
5653	6207	5431	5854		5608	5870	5697	6211
6010	6171	6178	5708	5981	6198	5838	5540	5403
5317	6087	5588	5745	6090	5668	5801	5352	5710

FIG. 6

6/6

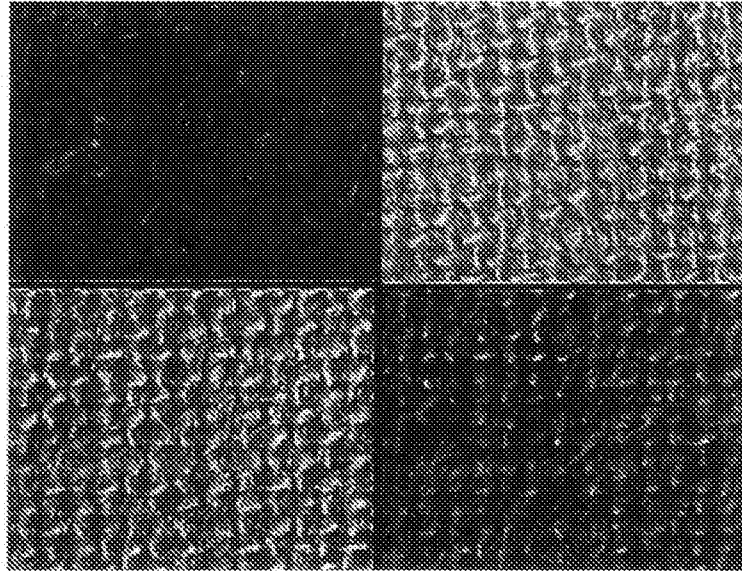


FIG. 7

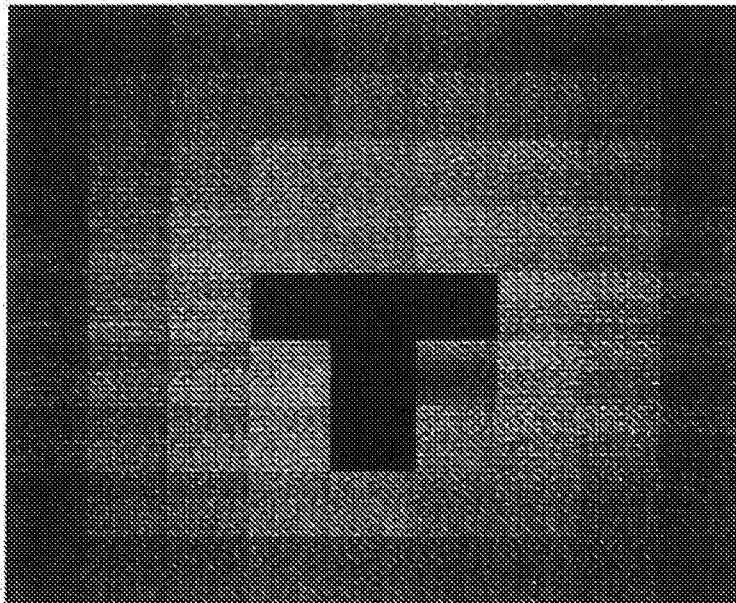


FIG. 8

# INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional N°

PCT/ES2019/000016

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

INV. G01N21/88 G01N21/47 G03B17/12  
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01N G03D G03B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	NAM G ET AL: "Simultaneous acquisition of microscale reflectance and normals", ACM TRANSACTIONS ON GRAPHICS, ACM, 2 PENN PLAZA, SUITE 701NEW YORKNY10121-0701USA, vol. 35, no. 6, 11 Noviembre 2016 (2016-11-11), páginas 1-11, XP058306319, ISSN: 0730-0301, DOI: 10.1145/2980179.2980220	1-4,6, 10-13, 15-17, 19,23-26
Y	resumen página 185:2, columna mano derecha, línea 35 - línea 36 página 185:3; columna mano izquierda, línea 34 - página 185:4, columna mano izquierda, línea 38 figuras 2a-f  ----- -/--	5,7-9, 14,18, 20-22



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

\* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

17 Octubre 2019

Date of mailing of the international search report

28/10/2019

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Witte, Thomas

**INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL**

Solicitud internacional N°

PCT/ES2019/000016

C (continuación). DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES		
Categoría*	Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las reivindicaciones N°
Y	WO 2008/076399 A2 (HAND HELD PROD INC [US]; WANG YNJIUN P [US] ET AL.) 26 Junio 2008 (2008-06-26) párrafos [0002], [0003], [00237], [00238] figuras 48-50	5,18
Y	US 2004/179280 A1 (NISHIOKA KIMIHIKO [JP]) 16 Septiembre 2004 (2004-09-16) párrafos [0105] - [0112]	5,18
Y	US 6 220 719 B1 (VETORINO STEVEN ROBERT [US] ET AL) 24 Abril 2001 (2001-04-24) columna 3, línea 42 - línea 48 figura 1	7-9, 20-22
Y	JP 2012 124892 A (INTEL CORP) 28 Junio 2012 (2012-06-28) párrafos [0017], [0024] - [0026] figuras 1,3	14
A	JP H02 125239 A (CANON KK) 14 Mayo 1990 (1990-05-14) Todo el documento	1-26

# INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Información relativa a miembros de familias de patentes

Solicitud internacional N°

PCT/ES2019/000016

WO 2008076399	A2	26-06-2008	CN	101632030	A	20-01-2010
			CN	102436018	A	02-05-2012
			EP	2092378	A2	26-08-2009
			JP	2010513952	A	30-04-2010
			WO	2008076399	A2	26-06-2008
-----						
US 2004179280	A1	16-09-2004	US	6437925	B1	20-08-2002
			US	2002181126	A1	05-12-2002
			US	2004179280	A1	16-09-2004
			US	2005157409	A1	21-07-2005
-----						
US 6220719	B1	24-04-2001	NONE			
-----						
JP 2012124892	A	28-06-2012	JP	5261562	B2	14-08-2013
			JP	2012124892	A	28-06-2012
-----						
JP H02125239	A	14-05-1990	NINGUNA			
-----						

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/ES2019/000016

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. G01N21/88 G01N21/47 G03B17/12  
ADD.  
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED  
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
G01N G03D G03B  
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	NAM G ET AL: "Simultaneous acquisition of microscale reflectance and normals", ACM TRANSACTIONS ON GRAPHICS, ACM, 2 PENN PLAZA, SUITE 701NEW YORKNY10121-0701USA, vol. 35, no. 6, 11 November 2016 (2016-11-11), pages 1-11, XP058306319, ISSN: 0730-0301, DOI: 10.1145/2980179.2980220	1-4,6, 10-13, 15-17, 19,23-26
Y	abstract page 185:2, right-hand column, line 35 - line 36 page 185:3, left-hand column, line 34 - page 185:4, left-hand column, line 38 figures 2a-f ----- -/--	5,7-9, 14,18, 20-22

Further documents are listed in the continuation of Box C.  See patent family annex.

\* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 17 October 2019	Date of mailing of the international search report 28/10/2019
--	--

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Witte, Thomas
--	-------------------------------------

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/ES2019/000016

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2008/076399 A2 (HAND HELD PROD INC [US]; WANG YNJIUN P [US] ET AL.) 26 June 2008 (2008-06-26) paragraphs [0002], [0003], [00237], [00238] figures 48-50	5,18
Y	US 2004/179280 A1 (NISHIOKA KIMIHIKO [JP]) 16 September 2004 (2004-09-16) paragraphs [0105] - [0112]	5,18
Y	US 6 220 719 B1 (VETORINO STEVEN ROBERT [US] ET AL) 24 April 2001 (2001-04-24) column 3, line 42 - line 48 figure 1	7-9, 20-22
Y	JP 2012 124892 A (INTEL CORP) 28 June 2012 (2012-06-28) paragraphs [0017], [0024] - [0026] figures 1,3	14
A	JP H02 125239 A (CANON KK) 14 May 1990 (1990-05-14) the whole document	1-26

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/ES2019/000016
---

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2008076399	A2	26-06-2008	
		CN 101632030 A	20-01-2010
		CN 102436018 A	02-05-2012
		EP 2092378 A2	26-08-2009
		JP 2010513952 A	30-04-2010
		WO 2008076399 A2	26-06-2008
US 2004179280	A1	16-09-2004	
		US 6437925 B1	20-08-2002
		US 2002181126 A1	05-12-2002
		US 2004179280 A1	16-09-2004
		US 2005157409 A1	21-07-2005
US 6220719	B1	24-04-2001	NONE
JP 2012124892	A	28-06-2012	
		JP 5261562 B2	14-08-2013
		JP 2012124892 A	28-06-2012
JP H02125239	A	14-05-1990	NONE