

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 973 455**

51 Int. Cl.:

G01N 21/31	(2006.01) G01J 3/36	(2006.01)
G01N 21/17	(2006.01) G01J 4/04	(2006.01)
G01N 21/23	(2006.01)	
G01N 21/27	(2006.01)	
G01N 21/64	(2006.01)	
G01N 21/21	(2006.01)	
G01J 3/02	(2006.01)	
G01J 3/12	(2006.01)	
G01J 3/28	(2006.01)	
G01J 3/32	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.11.2020 PCT/EP2020/082878**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **27.05.2021 WO21099568**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.11.2020 E 20820048 (5)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.12.2023 EP 4062150**

54 Título: **Sistemas y métodos de microscopia para el microanálisis de vestigios**

30 Prioridad:

20.11.2019 US 201962938270 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
20.06.2024

73 Titular/es:

**SPECTRICON, IKE (100.0%)
Igoumenou Gavriil 10
73134 Chania, GR**

72 Inventor/es:

BALAS, KONSTANTINOS

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ POVEDA, Sara

ES 2 973 455 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

Sistemas y métodos de microscopía para el microanálisis de vestigios

- 5 La presente divulgación reivindica la prioridad de la solicitud provisional de EE. UU. con el número de solicitud 62.938.270 presentada el 20 de noviembre de 2019.

10 La presente divulgación se refiere a sistemas de microanálisis y métodos relacionados. En particular, pero no exclusivamente, la presente solicitud divulga un microscopio para microanálisis de vestigios (TMM, Trace Microanalysis Microscope), un sistema para microanálisis de vestigios equipado con el TMM y métodos relacionados para realizar un análisis de formación de imágenes multimodal automatizado y la identificación de vestigios, tales como los que se encuentran en los campos de delitos.

15 **Información sobre antecedentes**

20 La investigación criminal implica el uso de tecnologías para la recogida de vestigios del campo de un delito (fibras, células cutáneas, material de vidrio, sangre, esperma, etc.) y el posterior análisis de los vestigios recogidos en laboratorios especializados. Los vestigios, a menudo llamados objetos diana, son recogidos del campo del delito utilizando diversos materiales de levantamiento, tales como cintas para el levantamiento de vestigios (TLT, Trace Lifting Tapes). Un lado de las TLT está cubierto con material adhesivo, de modo que, cuando entra en contacto con vestigios y objetos diana microscópicos encontrados en el campo de un delito, los recoge para su posterior análisis, ya que pueden estar relacionados con el delito. La superficie de recogida de vestigios de las TLT está cubierta con una película polimérica flexible para proteger los objetos diana recogidos de la contaminación, en lo sucesivo denominada película de soporte (BF, Backing Film). Un elemento de BF-TLT adheridas entre sí y que encapsula los objetos diana recogidos se denominará en lo sucesivo muestras de vestigios (TS, Traces Samples). Cuando se completa un proceso de investigación de campo, las TS se transfieren a laboratorios especializados para análisis microscópicos, químicos y biológicos. La microscopía es a menudo el examen de primera línea de las TS, que implica análisis morfológico visual, comparación con muestras de referencia, análisis de birrefringencia, etc. Los instrumentos más avanzados integran módulos de espectroscopia, utilizados para obtener información sobre la composición química. Las TS pueden contener objetos diana que permanecen no identificables después de todos estos análisis y, si este es el caso, se extraen de las TS y se envían para un análisis destructivo más avanzado. El documento de patente WO 2006/051319 A1 se refiere a un aparato de evaluación de color que tiene una aplicación particular en el campo de la ciencia forense y comprende un portador de muestras, óptica de aumento y algunos otros medios. El documento de patente US 2019/0041319 A1 se refiere a la formación de imágenes ópticas de medios altamente dispersantes, y describe un aparato que comprende una fuente de luz, un dispositivo de formación de imágenes ópticas hiperespectrales, un componente de procesamiento de imágenes, un componente de cálculo y un componente de estimación. El documento de patente EP 1672354 A1 describe un sistema de detección y análisis de pruebas forenses que incluye una cámara digital, una fuente de luz ultravioleta, un ordenador, una pantalla y un programa informático instalado en el ordenador.

40 La generación de un gran número de TS a partir de un único campo de un delito es una práctica habitual, alcanzando su superficie total, a veces, el tamaño de un metro cuadrado o más. Un problema importante relacionado con este proceso es que requiere mucho tiempo y es extremadamente arduo. El examen a tamaño completo, punto por punto de estas grandes áreas de TS a nivel micrométrico o incluso submicrométrico y utilizando varias modalidades analíticas y de formación de imágenes no es posible dentro de los ajustados marcos temporales establecidos por las prácticas de investigación criminal. Para profundizar en esto, podemos suponer que los campos de visión de 10 μm se examinan con un microscopio que funciona con un aumento adecuado. Esto significa que deben examinarse 10^{11} campos para escanear completamente un área de 1m^2 de TS que puedan recogerse en un único campo de un delito. Si suponemos (razonablemente) que el tiempo de examen de cada campo tiene una duración de 15 minutos, entonces el tiempo total de examen de un 1m^2 de TS puede alcanzar la duración colosal de 2500 años. Este ejemplo muestra que el examen completo, campo por campo de las TS de tamaño habitual es completamente poco realista. Por este motivo, se analizan áreas de puntos seleccionados arbitrariamente con el riesgo de perder información crítica.

55 Un segundo problema relacionado con este proceso es que la identificación de vestigios y la selección de áreas de interés en las TS para análisis posteriores se basa únicamente en la inspección humana subjetiva. Basándose en impresiones visuales, se marcan con un bolígrafo las áreas seleccionadas, que posteriormente se cortan con tijeras o guillotinas y se envían para análisis posteriores. Es obvio que el método es propenso a errores de lectura y muestreo que pueden dar lugar a conclusiones erróneas.

60 Un tercer problema se refiere a la complejidad y la diversidad de los métodos analíticos a los que se someten las TS extraídas. Las técnicas implican una serie de métodos espectroscópicos destructivos y no destructivos, análisis de ADN, microscopía óptica, etc. Estos procedimientos conocidos requieren mucho tiempo (el tiempo es crítico en la investigación criminal), son arduos y requieren una larga lista de técnicas analíticas muy costosas. En concreto, la correlación y la comparación directa de los resultados de estas técnicas son críticas en la identificación de vestigios, sin embargo, constituyen un desafío hoy en día.

65 Además, un cuarto problema con estos procedimientos conocidos es la necesidad de personal científico y técnico

altamente formado para realizar la selección de las TS adecuadas elegibles para su posterior envío a laboratorios de investigación criminal. Es bien sabido que dicho personal altamente formado solo está disponible en laboratorios centralizados y falta en localizaciones remotas.

5 Las disposiciones de microscopía de cribado de alto rendimiento o alto contenido del estado de la técnica pueden, en principio, ofrecer soluciones a este problema, sin embargo, se han diseñado dispositivos del estado de la técnica para analizar un gran número de portaobjetos o cubetas de microscopía de pequeño tamaño, en lugar de TS grandes. Los dispositivos estándar de alto rendimiento de la industria cumplen su finalidad mediante la utilización de disposiciones de carga de muestras accionadas electromecánicamente. Estos mecanismos se emplean para intercambiar muestras automáticamente frente a un objetivo de microscopio fijo, facilitando la formación de imágenes y su análisis sin intervención humana. Sin embargo, es obvio que este tipo de disposiciones no puede ser aplicable para analizar TS grandes porque la huella de un mecanismo de carga de ese tipo será inaceptablemente grande.

Sumario

15 Una limitación del cribado de alto rendimiento/alto contenido de la técnica anterior es que no incorpora disposiciones y métodos para identificar automáticamente las características químicas y estructurales de los objetos diana, ni herramientas de navegación para su localización para muestreo y análisis secundarios.

20 La presente invención tiene como objetivo proporcionar un microscopio para microanálisis de vestigios (TMM), un sistema de microanálisis de vestigios (TMS, Trace Microanalysis System) equipado con el TMM y métodos relacionados, mitigando las limitaciones presentes en los microscopios para microanálisis de la técnica anterior, y en los sistemas y métodos de cribado de alto rendimiento y alto contenido.

25 De acuerdo con un aspecto de la presente invención, el método de microanálisis divulgado comprende las etapas de: recoger vestigios de un campo de un delito con un método de recogida de vestigios que incluye, aunque no de forma limitativa, cintas de levantamiento de vestigios (TLT); disponer los objetos recogidos en medios de soporte tales como un portaobjetos de vidrio, un panel de vidrio o una película denominados de forma conjunta una película de soporte (BF), para formar la denominada muestra de vestigios (TS); disponer y fijar dicha TS sobre una ventana de vidrio transparente (TGW, Transparent Glass Window), que es un elemento de una estructura de soporte que soporta también un translador XYZ de un cabezal de formación de imágenes multimodal (MIH, Multimodal Imaging Head), una cámara de visión general y un proyector de luz; escanear dicha TS con dicho MIH, dispuesto sobre dicho translador XYZ y cambiar el funcionamiento en cada etapa de traslación entre modos de formación de imágenes seleccionados de un grupo que comprende preferiblemente modos de formación de imágenes hiperespectral, multispectral, color y polarización y combinaciones de los mismos, combinados con modos de iluminación de la TS por transmisión, reflexión, fluorescencia y polarización y combinaciones de los mismos; analizar automáticamente el conjunto de datos adquiridos que comprende un conjunto de datos de formación de imágenes multimodales (MID, Multimodal Imaging Data), que consisten en parámetros ópticos, datos morfológicos, transmisión, reflexión, espectros de fluorescencia, parámetros de polarización, parámetros de birrefringencia; y calcular mapas de parámetros ópticos (OPM, Optical Parameter Maps), a partir de dichos MID.

40 En el ejemplo de realización, el método comprende además la etapa de comparar dichos valores de MID adquiridos con valores de MID de referencia, obtenidos a partir de objetos de TS con características químicas y/o estructurales conocidas, para establecer una fórmula de correlación entre ellos y, por último, para convertir dichos OPM en mapas de identidad química/estructural (CSIM, Chemical/Structural Identity Maps) de TS.

50 En el ejemplo de realización, el método comprende además la etapa de proyectar marcas de luz sobre dicha TS dispuesta sobre dicha TGW, siendo los patrones de forma y color de dichas marcas informativos de la identidad de los objetos marcados, derivándose dicha identidad de dichos OPM o de dichos CSIM. Dichas marcas de luz pueden utilizarse para guiar la delineación de áreas resaltadas sobre dicha TS, con un bolígrafo de tinta o una herramienta similar, para facilitar la manipulación de dicha TS después de la compleción de sus análisis. La manipulación puede incluir el corte de áreas delineadas para ser enviadas para su posterior análisis, tal como análisis de PCR (reacción en cadena de la polimerasa, por sus siglas en inglés), análisis de cromatografía de gases, etc. De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, el TMM divulgado de acuerdo con un ejemplo de realización comprende además un MIH capaz de adquirir datos de formación de imágenes de color, multispectrales, hiperespectrales y de polarización a través de una única lente de objetivo.

60 De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, el TMS divulgado de acuerdo con un ejemplo de realización comprende además módulos de fuentes de luz (LSM, Light Source Modules) coherente y no coherente, para iluminar dicha TS en diversas direcciones. Tales direcciones pueden incluir 180°, 0°, 45° u otras direcciones oblicuas con respecto al eje de formación de imágenes, para implementar modos de formación de imágenes y espectroscopia por transmisión (180°) y epiiluminación (0°, 45°, oblicua). La geometría de epiiluminación permite los modos de reflexión, fluorescencia y polarización.

65 De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, el TMS divulgado de acuerdo con un ejemplo de realización comprende además óptica de polarización interpuesta en la trayectoria de rayos de formación de imágenes del MIH

para adquirir imágenes polarizadas en un plano seleccionable o en múltiples planos de polarización fijos simultáneamente.

5 De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, el TMS divulgado de acuerdo con un ejemplo de realización comprende además el filtrado de polarización de dicho LSM de modo que su luz emitida tiene una polarización de plano, circular y/o elíptica.

10 De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, el TMS divulgado de acuerdo con un ejemplo de realización comprende además un compensador de birrefringencia accionado electrónicamente para medir parámetros de retardo y/o birrefringencia de dicha TS.

15 De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, el TMS divulgado de acuerdo con un ejemplo de realización comprende además un sistema de proyección de luz (LPS, Light Projection System) para proyectar marcas de luz, montado de manera segura en un brazo fijado permanentemente sobre dicha plataforma estructural y a una distancia y con características de lente del LPS adecuadas de modo que dichas marcas de luz pueden alcanzar cada punto de dicha plataforma estructural que soporta la TS examinada, informando sobre la topología de los objetos encapsulados en dicha TS.

20 De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, el TMS divulgado de acuerdo con un ejemplo de realización comprende además una cámara de visión general (OVC, Overview Camera). Dicha OVC está montada de forma segura en un brazo fijado permanentemente sobre dicha plataforma estructural y a una distancia y con características de lente de la cámara adecuadas, de modo que el campo de visión (FOV, Field of View) de dicha OVC se superpone a toda el área de dicha plataforma estructural utilizada para soportar dicha TS. La imagen adquirida por dicha OVC se muestra en un monitor, permitiendo anotar digitalmente áreas de regiones de interés (ROI, Regions of Interest) en dicha TS. Las ROI seleccionadas pueden comprender, por ejemplo, dichas áreas de la TS suficientemente pobladas con objetos diana, elegibles para escaneo denso por dicho MIH.

25 De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, el TMS divulgado de acuerdo con un ejemplo de realización comprende además una unidad de control electrónico para: a) accionar los transladores XYZ de dicho MIH; b) controlar todas las operaciones de la cámara multimodal, incluyendo los parámetros de adquisición de imágenes (obturador, ganancia, calibración); c) encender y apagar y atenuar dichos LSM para sincronizarlos con dichas operaciones del MIH; d) controlar dicho LPS y dicha OVC.

30 De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, el TMS divulgado de acuerdo con un ejemplo de realización comprende además una unidad de procesador informático (CPU, Computer Processor Unit) que ejecuta instrucciones de programa para el almacenamiento, recuperación, procesamiento y análisis de dichos MID, incluyendo, aunque no de forma limitativa, la clasificación no supervisada y supervisada, el aprendizaje automático y otros algoritmos de inteligencia artificial, para calcular dichos OPM y dichos CSM.

35 En el ejemplo de realización, el TMS está configurado para implementar procedimientos de autocalibración que se ejecutan automáticamente a intervalos de tiempo predeterminados, que incluyen un primer procedimiento de calibración para compensar posibles desviaciones en valores de píxel y contenido espectral de la imagen registrada, y un segundo procedimiento de calibración de posicionamiento. El primer procedimiento de calibración se implementa con la ayuda de dianas de calibración con espectros de reflectancia y fluorescencia conocidos, y el segundo procedimiento de calibración de posicionamiento se implementa con la ayuda de marcas de tamaño micrométrico grabadas permanentemente en una superficie de plataforma del TMS.

40 De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, el TMS divulgado de acuerdo con un ejemplo de realización comprende un módulo de software que tiene una interfaz gráfica de usuario que incluye un menú de adquisición de modos de formación de imágenes y un submenú para definir una lista de parámetros de adquisición de imágenes para los modos de formación de imágenes soportados, incluyendo rango espectral y resolución espectral, obturador de cámara y ajustes de ganancia, resolución espacial y operaciones de calibración. De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, dicha TLT y dicha BF están hechas de material ópticamente claro, no birrefringente y no fluorescente en una banda espectral ancha que incluye las bandas ultravioleta, visible e infrarrojo cercano. Los materiales de este tipo comprenden uno o más de (indicativamente) metacrilato de polimetilo (PMMA), cicloolefina, material de vinilo fundido y policarbonato. La selección de materiales de TLT y BF con las propiedades ópticas anteriormente mencionadas permite eliminar su interferencia con los parámetros ópticos medidos de dichos objetos diana.

45 De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, el TMS divulgado de acuerdo con un ejemplo de realización comprende además una ranura en dicha plataforma estructural para recibir de forma segura dicha BF con dicha TLT adherida sobre ella. La BF puede tener una pestaña que se bloquea en dicha ranura, y una identificación electrónica, que es leída por el TMM cuando la BF es recibida por la ranura.

65 **Breve descripción de los dibujos**

La siguiente descripción detallada de las realizaciones de la presente divulgación se entenderá mejor cuando se lea

junto con los dibujos adjuntos. Con el fin de ilustrar la divulgación, en los dibujos se muestran realizaciones que se prefieren actualmente. Debería entenderse, sin embargo, que la presente divulgación no está limitada a la disposición e instrumentos exactos mostrados.

5 La figura 1 ilustra el trazado despiezado de un ejemplo de configuración del TMM divulgado que comprende una estructura de soporte fija, una plataforma de traslación espacial accionada electrónicamente, un cabezal de formación de imágenes multimodal, un módulo de fuentes de luz, una unidad de procesamiento informático y cámara de visión general y un sistema de proyección de luz.

10 La figura 2 ilustra una disposición de cabezal de formación de imágenes multimodal que comprende un sensor de formación de imágenes de color y uno de blanco y negro-polarización y medios de traslación movidos por un actuador sobre el que están dispuestos un divisor de haz y un filtro ajustable accionado electrónicamente. El divisor de haz y un filtro ajustable accionado electrónicamente están dispuestos e interpuestos selectivamente en una trayectoria de rayos de formación de imágenes de dicha disposición de sensor de formación de imágenes, como se representa en los estados de posicionamiento de la figura 2a y la figura 2b, de modo que dicho MIH puede funcionar en modos de formación de imágenes de color, instantánea multiespectral, hiperespectral y polarización y combinaciones de los mismos.

15 La figura 3 ilustra un ejemplo de realización de la fuente de luz de transiluminación. Es una luz de tipo tubo-cúpula alargada que mezcla uniformemente las emisiones espectrales de matrices de luz distribuidas a lo largo de toda su longitud seleccionadas del grupo que comprende fuentes de luz coherente e incoherente.

20 La figura 4 ilustra un ejemplo de realización del ramal de epiiluminación del módulo de fuentes de luz, activado para los modos de formación de imágenes de fluorescencia y reflexión. Aprovecha la larga distancia de trabajo de una lente de objetivo que ofrece suficiente espacio libre para que los haces de luz provengan de direcciones oblicuas. Se puede montar una matriz de fuentes de luz coherente e incoherente alrededor del objetivo en una disposición de anillo, estando ambas enfocadas en el plano del objeto diana.

25 La figura 5 ilustra una muestra de vestigios que comprende una película de soporte y una cinta de levantamiento de vestigios que encapsulan objetos diana depositados sobre una ventana de vidrio transparente de la estructura de soporte del TMM. La muestra de vestigios tiene una extremidad de pestaña que se inserta en una ranura grabada sobre la estructura de soporte del TMM para bloquear su orientación. La muestra de vestigios puede retenerse firmemente en esa ubicación con bloqueadores.

30 La figura 6 ilustra un ejemplo de realización del TMM que comprende una disposición de cámara de visión general y un monitor para anotar regiones de interés a examinar y un sistema de proyección para mapear las características de composición de los objetos diana localizados e identificados para guiar el muestreo secundario para análisis posteriores.

La figura 7 ilustra las etapas básicas y el diagrama de flujo de un método para poner en práctica la presente invención.

35 La figura 8 ilustra las curvas de absorbancia *versus* longitud de onda de diversos fluidos corporales que muestran rasgos característicos que se aprovechan para su detección e identificación.

40 La figura 9 ilustra la intensidad de fluorescencia (en recuentos) *versus* las curvas de longitud de onda de diversas fibras de interés forense que ofrecen firmas espectrales que facilitan su detección e identificación.

45 **Descripción detallada**

Con fines explicativos, se exponen configuraciones y detalles específicos con el fin de proporcionar una comprensión exhaustiva de la invención. Sin embargo, también resultará evidente para un experto en la materia que la invención se puede poner en práctica sin los detalles específicos presentados en el presente documento.

Asimismo, las características bien conocidas pueden estar omitidas o simplificadas con el fin de no dificultar la comprensión de la invención.

55 La expresión "un ejemplo" se usa en el presente documento para querer decir "que sirve a modo de ejemplo, modelo o ilustración". Cualquier realización descrita en el presente documento como "un ejemplo" no debe considerarse necesariamente como preferida o ventajosa sobre otras realizaciones.

60 Los sistemas de cribado de alto rendimiento/alto contenido existentes, basados en platinas movibles o en transportadores de carga de muestras, adolecen de las siguientes limitaciones:

65 a) No están hechos para desplegar la cantidad total de muestras sobre una gran estructura de soporte fija, con la consecuencia directa de no poder ofrecer acceso simultáneo y aleatorio a todos los objetos diana. Por consiguiente, las soluciones del estado de la técnica no están previstas para ofrecer la proyección de patrones que permitan la visualización directa de la naturaleza y población de los objetos diana, sobre las áreas espaciales en las que están físicamente confinados.

b) Los microscopios de cribado de alto rendimiento/contenido existentes se abstienen de ofrecer una identificación automatizada de vestigios diana, restringiendo su uso principalmente al reconocimiento de emisiones de fluorescencia de fluoróforos con emisiones conocidas que etiquetan sustancias biológicas. Los sistemas de este tipo no están previstos para proporcionar una identificación química y estructural de objetos diana desconocidos y, por esta razón, integran sensores y modalidades bastante simples, que no permiten la correlación cruzada directa, punto por punto de los datos que adquieren.

La presente divulgación supera las desventajas anteriores de la técnica anterior al proporcionar un TMM, un TMS equipado con el TMM, y métodos relacionados que integran, potencian en general, objetivan y automatizan los procedimientos de recogida y análisis de vestigios.

El TMM, el TMS equipado con el TMM y los métodos relacionados descritos con respecto a las realizaciones de la presente invención proporcionan un método y una disposición de cribado de alto rendimiento/alto contenido integrados capaces de: a) recoger vestigios/objetos de tamaño a escala micrométrica-milimétrica de un campo natural, que se disponen posteriormente sobre una platina plana /estructura de soporte fija de al menos tamaño A4; b) localizar e identificar automáticamente la identidad estructural y/o química de dichos objetos diana, a través del procesamiento y análisis de dichos MID, adquiridos mediante la iluminación por dicho LSM y la realización por dicho MIH de la formación de imágenes multimodal de los objetos diana bajo análisis, siendo trasladados espacialmente dichos LSM y MIH sobre dicha TS, dispuesta sobre dicha estructura de soporte fija; c) proyectar marcas de luz sobre dichos objetos diana dispuestos sobre dicha estructura de soporte fija, siendo definido el patrón de dichas marcas por dichos OPM y CSIM y siendo informativo de la ubicación, el tamaño y la identidad de dichos objetos diana.

La figura 1 ilustra el trazado despiezado de un ejemplo de configuración de un TMM. Dicha estructura de soporte fija comprende un conjunto de dos niveles. El primer nivel **10** comprende una placa de aluminio donde está montada la guía **20** lineal motorizada X principal. El segundo nivel **30** también está hecho de una placa de aluminio y soporta dos guías **40** deslizantes paralelas para el movimiento del translador Y **50** a lo largo de la dirección X. El movimiento X del escáner Y es guiado por el translador X, por medio de un soporte en forma de U **60** que cruza el segundo nivel a través de ranuras dedicadas, ofreciendo también medios para el manejo de cables. El soporte en forma de U también se utiliza para soportar la cúpula de iluminación de medio tubo, utilizada para la (trans) iluminación de la muestra denominada en lo sucesivo trans-LSM **70**.

En un ejemplo de configuración de dicho TMS, el conjunto **30** de segundo nivel tiene cuatro ranuras de tamaño A4 cubiertas por ventanas **80** de vidrio transparente (TGW) para soportar un número igual de TS de tamaño A4. El tamaño A4 es igual a 297X210 mm y se considera un tamaño conveniente, porque los cajones de carpetas y, en general, los medios de almacenamiento/manipulación para este tamaño de papel están ampliamente disponibles. Un área superficial de cuatro A4 (aproximadamente 600X400 mm) es un área de TS total habitual recogida de un campo de un delito. Dichas TGW **80** están hechas preferiblemente de materiales ópticamente claros no fluorescentes y no birrefringentes en una banda espectral ancha que varía de UV a IR.

El translador Z **90** está montado sobre el carro del translador Y. Acoplado a medios **100** ópticos de formación de imágenes, dicho MIH **110** está montado sobre el carro del translador Z, junto con la subunidad de epiiluminación de dicho LSM, en lo sucesivo denominada epi-LSM **120**. Dichos **100** medios ópticos de formación de imágenes pueden ser objetivos de microscopio, óptica de zoom o combinaciones de los mismos. El movimiento del carro del eje Z está dedicado a controlar el enfoque de dichos MIH **110** y epi-LSM **120** en el mismo punto del eje Z.

El movimiento de los tres carros es causado por tres motores **130** de velocidad gradual. El movimiento rotacional de dichos motores de velocidad gradual se convierte en traslación lineal con la ayuda, por ejemplo, de engranajes helicoidales o disposiciones mecánicas equivalentes. Dicha trans-LSM **70** está alineada con dichos medios **100** ópticos de formación de imágenes, se mueven juntos a lo largo del eje X **20**. Para una posición X dada, la trans-LSM alargada **70** permanece fija y encendida, durante el período de tiempo requerido para que dichos medios **100** ópticos de formación de imágenes (acoplados a dicho MIH **110**) escaneen toda la dirección Y de dicha TS en la ubicación X dada. Cuando es necesario, el translador Z **90** se mueve hasta que se logra un enfoque nítido.

Este proceso se repite en la siguiente etapa de traslación del translador X **20** y para una pluralidad de etapas de escaneado.

Sobre la plataforma **30** de segundo nivel de la estructura de soporte del TMM está montada una pértiga **140** con forma de L invertida. El segundo extremo de dicha pértiga está acoplado a una base que soporta dicho LPS **150** y dicha OVC **160**, dispuestos de modo que sus ejes de rayos centrales son sustancialmente colineales. Esto es para garantizar que su FOV se superpone sustancialmente al área total de cuatro A4 de la TGW de dicha estructura de soporte.

Los dos niveles de dicha estructura de soporte pueden mantenerse juntos con pértigas antivibración, y el espacio libre entre ellos puede comprender la carcasa de la fuente de alimentación **170**, la electrónica de control **180** y la unidad **190** de control y procesamiento (CPU). Dicha electrónica de control **180** acciona todas las subunidades del TMM, incluyendo los motores de velocidad gradual, y dicha CPU **190** controla todos los parámetros y operaciones de adquisición de datos. Dicha CPU **190** está equipada con conectores para permitir la interconexión del TMM con

diversos periféricos que incluyen medios de visualización, teclado, ratón y medios de pantalla táctil.

Cerca de la posición de reposo ($X=0$, $Y=0$) del translador X **20** y el translador Y **50**, se han grabado varias ranuras sobre dicha plataforma **30** de segundo nivel para alojar muestras de calibración **200**. Las muestras de calibración pueden incluir tabletas Ba_2SO_4 con reflectancia unitaria para calibrar el modo de formación de imágenes de reflexión, ventanas de difusor óptico planas para calibrar el modo de transmisión y dianas de fluorescencia multicolores estables para calibrar el modo de formación de imágenes de fluorescencia. Dichas dianas de calibración también pueden incluir escalas estandarizadas con líneas de nivel micrométrico para calibrar el movimiento de dichos transladores.

Todos los elementos del sistema del TMM que se encuentran por encima de la plataforma de segundo nivel pueden cubrirse con un sistema de cerramiento pivotante (no mostrado) para la protección del sistema y del usuario. El TMM puede iniciar el proceso de escaneo solo cuando la cubierta pivotante está firmemente cerrada. En consecuencia, la apertura del sistema de cerramiento pivotante desencadenará el cese del funcionamiento del TMM. Esta automatización se logra a través de un interruptor de contacto.

Ahora se hace referencia a la figura 2, que ilustra un esquema de la disposición de sensor divulgada de dicho MIH **110**. El funcionamiento multimodal es esencial para mejorar el poder analítico de un instrumento analítico que proporciona un análisis no destructivo. Una disposición de sensor multimodal adquiere una corriente de datos multidimensionales, que puede expresarse como un espacio de parámetros, que definen las propiedades físico-químicas de dichos objetos diana. Este espacio ofrece una caracterización global de dicho objeto diana, que es sinónimo de una identidad única que se puede utilizar para etiquetar dichos objetos diana con su sustancia físico-química. Por ejemplo, la adquisición, a partir del mismo objeto diana, de datos de transmisión, reflexión, fluorescencia y polarización como una función de la longitud de onda, genera una larga lista de características y parámetros independientes. Estos parámetros son independientes entre sí porque están relacionados con la diferente física de los fenómenos de interacción luz-materia implicados. Si, por ejemplo, dos materiales de objeto diana, por ejemplo, fibras, tienen el mismo patrón en la formación de imágenes de color e incluso el mismo patrón en la formación de imágenes de color por fluorescencia, hay muchas posibilidades de que tengan diferentes patrones en sus espectros infrarrojos y/o su patrón de polarización. El fundamento de la presente divulgación es que en un espacio de datos de formación de imágenes multimodales (MID), se pueden encontrar identificadores únicos para una larga lista de objetos diana.

Otro aspecto importante de esta divulgación es la necesidad de adquirir el espacio MID mencionado anteriormente con una sola disposición de sensor y a través de una sola abertura de óptica de formación de imágenes, de modo que las imágenes obtenidas de todos los modos de formación de imágenes soportados son registradas espacialmente de manera conjunta. De esta forma, se puede calcular dicho espacio MID para cada píxel de imagen, que es un requisito previo esencial para lograr el mapeo de dichas identidades físico-químicas de varios objetos diana diferentes, presentes en dicha TS. La presente divulgación aborda la necesidad no satisfecha de un MIH de abertura común, multimodal. La disposición de sensor de dicho MIH comprende una disposición de sensor dual, un sensor de formación de imágenes de color **210** y uno de blanco y negro **220**. Los sensores forman una forma ortogonal para permitir la captura simultánea de las imágenes formadas por dichos medios ópticos de formación de imágenes y divididas por un divisor de haz **230**. Las letras RGB simbolizan la disposición en mosaico de los filtros **240** de los colores primarios rojo (R), verde (G) y azul (B) (por sus siglas en inglés), cada uno dispuesto sobre un área de un solo píxel de un sensor de color. Las flechas dibujadas sobre la superficie del sensor de blanco y negro simbolizan filtros polarizadores **250**, cada uno dispuesto sobre un área de un solo píxel. Estos filtros están orientados a 0° , 45° , 90° y 135° sobre bloques de 4×4 píxeles. Los sensores polarizados están disponibles en el mercado, tal como, por ejemplo, el IMX250MZR de Sony. La formación de imágenes con un sensor polarizado puede tener un funcionamiento de modo dual, en concreto: a) un modo de formación de imágenes de funcionamiento polarizado donde cuatro imágenes, correspondiendo cada una a uno de los ángulos de polarización mencionados anteriormente, son mostradas en tiempo real; y b) un modo de formación de imágenes no polarizado, que resulta del promedio de las intensidades de imagen polarizada de cada bloque de 4×4 píxeles, formando las intensidades promediadas una imagen en blanco y negro regular, independiente de la polarización. El funcionamiento polarizado ofrece un medio para evaluar diversos fenómenos relacionados con la estructura cristalina del material y sus perturbaciones. Dependiendo de la organización estructural de los materiales, la luz polarizada que interactúa con ellos, ya sea en el modo de transmisión o en el de reflexión, puede cambiar su estado de polarización. Además, la luz no polarizada puede volverse polarizada cuando interactúa con ciertos materiales. Una forma conveniente de capturar estos cambios propios del material de los estados de polarización es la captura de los llamados parámetros de Stokes, que informan de la orientación de polarización dominante. De acuerdo con la presente divulgación, el cálculo de los parámetros de Stokes puede utilizar como entrada las intensidades de píxel de la cámara de blanco y negro que funciona en el modo de polarización. Los parámetros de Stokes comprenden en nuestro caso las coordenadas de polarización de dicho espacio MID. En un ejemplo de realización, la disposición de sensor de la figura 2a que comprende un divisor de haz, un sensor de formación de imágenes en color y medios de sensor de formación de imágenes polarizados, adquiere imágenes de transmisión (T), reflexión (R), fluorescencia (F) y polarización (P). Esto se hace simplemente encendiendo y apagando las correspondientes fuentes de luz de dicho LSM. En otro ejemplo de realización, dicho divisor de haz es un espejo dicróico, que refleja la parte visible del espectro al sensor de color y transmite la parte infrarroja del espectro al sensor de blanco y negro. Esta realización hace posible la formación de imágenes multispectrales en tiempo real en todos los modos de formación de imágenes anteriormente mencionados. En otro ejemplo de realización más, dicho divisor de haz está dispuesto sobre un translador **260** lineal accionado electrónicamente junto con medios **270** de filtro óptico

ajustables. Cuando el medio de filtro ajustable está interpuesto en el espacio focal posterior de dichos medios ópticos de formación de imágenes (figura 2b), el sensor de color es ciego y dicho sensor de blanco y negro captura datos hiperespectrales en cuatro direcciones de polarización. También son posibles otras varias realizaciones tales como, por ejemplo, combinar formación de imágenes de color y polarización en el mismo sensor y dedicar un sensor de blanco y negro a la formación de imágenes hiperespectrales. Dicho medio de filtro ajustable se selecciona de un grupo que comprende, matrices discretas de filtros de paso de banda (DBPFA, por sus siglas en inglés), filtros de interferencia variable (VIF, por sus siglas en inglés), filtros ajustables de cristal líquido (LCTF, por sus siglas en inglés) y filtros acústico-ópticos y ajustables (AOTF, por sus siglas en inglés). El filtro ajustable está sincronizado con el módulo de sensor de formación de imágenes, de modo que en cada etapa de ajuste se captura una pila de imágenes espectrales de banda estrecha, correspondiente al área del mismo objeto. A partir de la pila de imágenes recogida (cubo espectral), se calcula un espectro completo para cada píxel de imagen. En algunas aplicaciones que requieren sensibilidad ultravioleta (UV) extendida, el sensor de blanco y negro se selecciona de la categoría de UV mejorado, retroiluminado con ventana de cuarzo. Las características de transmisión del filtro ajustable también se pueden seleccionar para que coincidan con el intervalo espectral de sensibilidad de dicho sensor de blanco y negro. Con este ejemplo de realización, el MIH divulgado adquiere datos de formación de imágenes hiperespectrales en todos los modos T, R, F y P, que comprenden las coordenadas espectrales de dicho espacio MID.

La figura 3 ilustra un ejemplo de realización de la fuente 70 de luz de transiluminación. Es una fuente de luz de tipo tubo-cúpula alargada dispuesta verticalmente sobre el carro del eje X y se mueve en paralelo al traductor Y. Se utiliza para transiluminar el objeto examinado, lo que dicta que su eje longitudinal ha de ser intersecado por el eje central longitudinal de dichos medios ópticos de formación de imágenes. Un ejemplo de fuentes de luz de tubo son las lámparas de xenón utilizadas para bombear emisión de láser. Estas fuentes de luz tienen emisión de banda ancha, que cubre las bandas espectrales UV (ultravioleta), visible y NIR (infrarrojo cercano).

En otro ejemplo de realización, el elemento de transiluminación de dicho LSM (trans-LSM) es una cúpula tubo **300** que encapsula matrices (franjas) de LED **310**, con diferente emisión espectral y cubriendo todas juntas la banda espectral de UV a NIR. Por ejemplo, esto se puede lograr con siete tipos de LED con las siguientes longitudes de onda centrales: 325 nm, 340 nm, 365 nm, 385 nm, 405 nm, 470 nm y LED visibles y NIR de banda ancha. La cúpula tubo puede estar recubierta con un reflector difusivo como los recubrimientos utilizados en esferas de integración (Ba_2SO_4) con reflectancia unitaria en todo el espectro UV-NIR. La luz llega a la TS después de múltiples reflexiones en la pared del tubo, volviéndose así homogénea espectral y espacialmente.

En todas las realizaciones posibles, la fuente de luz de transiluminación alargada puede enfocarse utilizando un condensador alargado **320** (por ejemplo, un condensador de varilla) que enfoca la luz en forma de línea, cubriendo todo el recorrido en la dirección Y de dicho MIH. En un ejemplo de realización, un polarizador **330** en forma de franja puede estar interpuesto de manera extraíble o permanente a lo largo de toda la longitud de la fuente de luz alargada, para su uso en aplicaciones polarimétricas especializadas. Las realizaciones adicionales que comprenden fuentes de luz que siguen el movimiento de dicho MIH a lo largo del eje Y también son soluciones factibles para implementar la divulgación actual.

La figura 4 ilustra un ejemplo de realización del módulo de epiiluminación de dicho LSM (epi-LSM) **120**. De acuerdo con esta realización, dicho medio óptico de formación de imágenes es un objetivo de larga distancia de trabajo (por ejemplo, 20-30 mm), que deja suficiente espacio para que la luz provenga de direcciones oblicuas. La iluminación oblicua tiene varias ventajas sobre las geometrías coaxiales, ya que filtra las reflexiones de la superficie (brillo) y suspende el ruido en la formación de imágenes por fluorescencia. También permite configurar una matriz de fuentes de luz, para ser montada en un anillo **400** que rodea dichos medios **100** ópticos de formación de imágenes.

El módulo de anillo puede encapsular LED blanco-IR **410**, para el modo R de formación de imágenes y líneas **420** láser UV para el modo F. Las fuentes de luz LED pueden filtrarse con óptica polarizadora, para permitir la formación de imágenes polarimétricas en el modo R y para eliminar el brillo debido a la reflexión de la superficie. Las líneas láser a menudo ofrecen varias ventajas distintas sobre las fuentes de luz incoherente para la excitación de fluorescencia porque: a) el haz láser es altamente direccional, simplificando así el enfoque del haz; b) tienen una anchura total a la mitad del máximo (FWHM, por sus siglas en inglés) estrecha (<3 nm), lo que amplía el intervalo espectral de formación de imágenes por fluorescencia útil; y c) ofrece suficiente potencia de luz, mejorando así la relación señal/ruido (SNR, por sus siglas en inglés) de la imagen F, especialmente en casos con bajo rendimiento cuántico de fluorescencia.

En otro ejemplo de realización, se añade a dicha disposición de anillo una matriz de fuentes de luz de banda estrecha con emisiones que abarcan las regiones espectrales visible e infrarroja, para permitir un esquema de excitación de múltiples longitudes de onda.

La figura 5 ilustra dicha TS que comprende una película de soporte (BF) **500** y una cinta de levantamiento de vestigios (TLT) **510** que encapsulan objetos diana **520** depositados sobre dicha TGW **80**. La ventana transparente **80** puede retener firmemente dicha TS con bloqueadores **530**. En un ejemplo de realización, dicha TS tiene una extremidad de pestaña **540** que se inserta en una ranura **550** grabada sobre el segundo nivel de dicha estructura de soporte **30**. Esta combinación actúa como una llave de orientación de la TS para bloquear la orientación de dicha BF en relación con la plataforma de examen del TMM. Dicha extremidad de pestaña también sirve para añadir etiquetado (por ejemplo, escritura con bolígrafo, código de barras) para garantizar la trazabilidad.

En un ejemplo de realización donde las TS se recogen de un campo de un delito u otros campos sensibles a la contaminación de la TS, por ejemplo, contaminación de ADN, tanto la BF como la TLT se colocan en envases independientes libres de partículas/ADN. Tanto la TLT como la BF son películas poliméricas, que se cortan fácilmente, delgadas, ligeras, no fluorescentes y no birrefringentes. Esto es esencial para evitar interferencia cuando se miden dichos MID. El material habitual que cumple estas especificaciones y es adecuado para fabricar dicha BF y dicha TLT se selecciona de un grupo que comprende PMMA (metacrilato de polimetilo), cicloolefina, material de vinilo fundido y policarbonato.

La figura 6 ilustra un ejemplo de realización de un TMS que comprende una disposición para seleccionar regiones de interés (ROI) para limitar las áreas de examen para mejorar el flujo de trabajo. De acuerdo con esta realización, la imagen de visión general de dicha estructura de soporte es capturada por dicha OVC y se muestra en un monitor **600**. Aquí, las imágenes de la TS **500** se muestran claramente permitiendo la visualización clara de las áreas ocupadas con dichas TLT. Se espera que las áreas restantes estén vacías de objetos diana y pueden ser razonablemente excluidas del proceso de escaneo. Las áreas que han de ser excluidas o incluidas pueden seleccionarse automáticamente mediante el reconocimiento basado en visión artificial de dichas TLT o con anotaciones **610** hechas sobre su imagen mostrada, utilizando el ratón o un lápiz digital sobre un monitor de pantalla táctil. Mediante un proceso de calibración que correlaciona las áreas de píxeles del monitor con áreas geométricas sobre el campo de escaneo del TMM, las ROI seleccionadas se convierten en coordenadas XY reales que han de escanearse.

La figura 6 ilustra también la función de navegación del TMM divulgado. En un ejemplo de realización relevante, el TMM comprende dicho sistema **150** de proyección de luz (LPS), montado a una distancia de dicha estructura de soporte y con unas características de lente de dicho LPS adecuadas, de modo que dichas marcas de luz pueden alcanzar cada punto de dicha plataforma estructural que soporta la TS examinada. Al completar el examen del TMM, dicho LPS proyecta haces de luz **620** que forman patrones con colores y formas que informan sobre la ubicación natural y las características estructurales y/o químicas de los objetos diana localizados e identificados. El mapeo de proyección analítico divulgado, implementado por el TMM, ofrece una herramienta de navegación al operador, que puede añadir marcas de escritura a mano, por ejemplo, haciendo círculos con un bolígrafo alrededor de estas áreas **630**. A continuación, la TS puede extraerse del TMM y las áreas seleccionadas pueden diseccionarse para análisis destructivos y no destructivos posteriores, tal como PCR, cromatografía de gases, microscopía electrónica, etc.

La figura 7 ilustra un diagrama de flujo de ejemplo de la práctica de la presente invención. A continuación se proporciona un ejemplo particular que ofrece un funcionamiento óptimo desde la perspectiva del flujo de trabajo. En la etapa 705, los elementos TLT-BF de dicha TS que encapsulan los objetos diana recogidos se colocan sobre dicha estructura de soporte. El operador puede introducir nombres y descripciones para dicha TS manualmente o mediante un lector de OCR (reconocimiento óptico de caracteres)/código de barras en la carpeta correspondiente de la CPU de dicho TMM. A continuación, se enciende la OVC y la imagen de visión general de toda la estructura de soporte que contiene dichas TS se muestra en un monitor. A través de un menú especializado, el operador puede seleccionar únicamente aquellas subáreas que contienen dichas TLT que han de ser escaneadas. El menú ofrece la opción de seleccionar automáticamente subáreas de la TS mediante la integración de herramientas encontradas en aplicaciones de visión artificial. Al seleccionarse las subáreas de interés, puede iniciarse un escaneo rápido automatizado. En la etapa 710, un cabezal de formación de imágenes multimodal se traslada sobre las muestras de vestigios. El escaneo rápido implica escanear las subáreas seleccionadas con modos de formación de imágenes instantáneas, en concreto, el color, modos de formación de imágenes multispectrales y de polarización en todos los modos de iluminación de transmisión, reflectancia y fluorescencia. En la etapa 715, se adquieren datos de formación de imágenes multimodales en una pluralidad de tipos y geometrías de iluminación. El proceso de escaneo rápido se implementa con dicho MIH y dicho LSM que escanean las ROI seleccionadas o toda el área de la TS. El escaneo se realiza fotograma a fotograma, funcionando el translador Z como un escáner de enfoque automático. Todas las imágenes se almacenan y analizan en paralelo al escaneo. Una fracción de los objetos diana escaneados puede comprender casos difíciles de identificar con dichos datos MID recogidos con el modo de escaneo rápido. Estos objetos diana comprenden una categoría "desconocido" temporal que debe analizarse con el modo hiperespectral, con el fin de aumentar la dimensionalidad de dicho espacio MID. El controlador del translador XY vuelve solo a aquellas áreas que contienen objetos diana desconocidos y realiza un análisis hiperespectral en los modos de transmisión, reflexión, fluorescencia y polarización. Los datos adicionales recogidos se analizan adicionalmente, para minimizar el número de muestras desconocidas. Los espectros recogidos a partir de modalidades de formación de imágenes espectroscópicas se combinan con parámetros de polarización y morfológicos para formar dicho espacio MID. En la etapa 720, se calculan mapas de parámetros ópticos a partir de los MID adquiridos. En la etapa 725, los datos a priori se correlacionan con los MID para calcular mapas de identidad composicional. Por último, en la etapa 730, los mapas calculados se proyectan sobre las muestras de vestigios para guiar el muestreo secundario.

La figura 8 ilustra un gráfico de absorbancia *versus* longitud de onda calculado a partir de dicho modo T. El gráfico muestra fluidos corporales de interés forense. Como puede verse, exhiben características espectrales distintivas, que comprenden firmas espectrales que facilitan sus identificaciones con dicho TMM funcionando en el modo T.

La figura 9 ilustra otro ejemplo de objetos diana de interés forense, en concreto, la intensidad de fluorescencia (en recuentos) *versus* la longitud de onda de varias fibras, que se encuentran a menudo en campos de delitos. Su patrón

de emisión de fluorescencia es distintivo de su identidad, ofreciendo así un medio para su identificación con dicho TMM funcionando en el modo F.

La presente divulgación incorpora medios de software y algoritmos eficientes para manipular dicho espacio MID, generado en millones de píxeles y para miles de campos de escaneo. Para calcular dichos OPM se emplean algoritmos no supervisados eficientes y para calcular dichos CSIM se utiliza aprendizaje automático y otros métodos de Inteligencia Artificial (IA). Los datos espectrales se representan en forma de vectores en un espacio espectral multidimensional y las diferencias espectrales se miden como el ángulo entre estos vectores. Para clasificar espectros se emplean algoritmos no supervisados sobre la base de criterios de semejanza. Este análisis devuelve varias clases espectrales y sus correspondientes espectros centroide, representativos del contenido espectral de su clase. Los algoritmos de clasificaciones se seleccionan de un grupo que comprende al menos los algoritmos: agrupación de K-medias, agrupación de K-medoides, agrupación de modelo de mezcla gaussiana (GMM), agrupación espacial basada en densidad de aplicación con ruido, agrupación espectral, técnica de análisis interactivo de datos autoorganizados (ISODATA), mapa autoorganizado (SOM), mapeador de ángulo espectral de agrupación jerárquica aglomerativa (SAM). Estos se ejecutan junto con algoritmos de evaluación de semejanza de datos, que se seleccionan de un grupo que comprende al menos mapeador de ángulo espectral (SAM), divergencia de información espectral (SID), distancia de coseno, distancia de MinKowski, distancia euclidiana al cuadrado.

La última fase del proceso de identificación de objetos diana implica la comparación de dichos espectros centroide con espectros estándar dorados, obtenidos a partir de materiales con composición química y estructural conocida. Esta comparación establece un proceso de etiquetado, que conduce al cálculo de dichos CSIM, mostrando identidades composicionales/estructurales/morfológicas en forma de pseudocolores. Los mapas temáticos como resultado final de la tarea de clasificación pueden visualizarse uno al lado del otro con imágenes de color, espectrales o de fluorescencia, todas correspondientes al mismo FOV.

Al completar el proceso de identificación, el MIH se mueve a su posición de reposo, sin obstruir el área de la TS. A continuación, el LPS se enciende, proyectando marcas de luz sobre la superficie de la TS. Las marcas de luz pueden incluir diferentes formas y colores, correspondiendo cada uno a diferentes tipos de objetos diana identificados, incluyendo también vestigios que no se han logrado identificar. Por último, las marcas proyectadas se utilizan para guiar el marcado manual o el corte/la extracción de áreas de TLT elegibles para análisis destructivos y no destructivos secundarios.

La presente divulgación se refiere a un método analítico y a un dispositivo que mide parámetros críticos. Para garantizar una alta reproducibilidad y precisión, el sistema TMM implementa dos procedimientos principales de autocalibración que se ejecutan automáticamente a intervalos de tiempo predeterminados: a) calibración para compensar posibles desviaciones en valores de píxel y contenido espectral de la imagen registrada. Esto se logra con la ayuda de dianas de calibración con espectro de reflectancia y fluorescencia conocido. Las variaciones de intensidad de la fuente de luz debidas a desviaciones electrónicas y/o envejecimiento se compensan mediante el ajuste automático de los niveles de obturador/ganancia de la cámara; b) calibración de posicionamiento, que se realiza con la ayuda de marcas de tamaño micrométrico grabadas en una escala dispuesta sobre la plataforma estructural del TMM. Los procesos de autocalibración automática integrados pueden ejecutarse incluso en paralelo a análisis rutinarios, siempre que las áreas de interés que han de escanearse incluyan las correspondientes muestras de referencia. Obviamente, esto permite un funcionamiento prolongado sin necesidad de ajustes manuales.

Cabe señalar que los componentes (hardware, software) del sistema de acuerdo con la presente invención se muestran en las figuras a modo de ejemplo, y pueden estar presentes, pero no mostrados en estas figuras otros componentes, o puede omitirse alguno de los componentes mostrados. Puede seleccionarse posiblemente otro hardware y software entre arquitecturas conocidas.

El software puede implementarse en cualquier lenguaje informático, o en un lenguaje abstracto (por ejemplo, una descripción basada en metadatos que después se interpreta por un componente de software o hardware). El software que se ejecuta en el hardware, anteriormente mencionado, transforma eficazmente un hardware, o dispositivo informático, o sistema de uso general o de uso especial en uno que implementa específicamente la presente solución innovadora.

Los ejemplos de realización anteriores están previstos para su uso como una solución independiente o como parte de otros métodos, procesos y sistemas.

Las descripciones de los ejemplos de realización anteriores están simplificadas y no incluyen elementos de hardware y software que se utilizan en las realizaciones pero que no forman parte de la solución actual, no son necesarios para la comprensión de las realizaciones, y son obvios para cualquier experto en la materia. Asimismo, son posibles variaciones del método descrito, la arquitectura de sistema y la arquitectura de software, donde, por ejemplo, las etapas del método, y los elementos de hardware y software pueden disponerse de nuevo, omitirse o añadirse unos nuevos.

Anteriormente, en la descripción detallada, se describen diversas realizaciones de la invención. Aunque estas descripciones describen directamente las realizaciones anteriores, se entiende que los expertos en la materia pueden concebir modificaciones y/o variaciones de las realizaciones específicas mostradas y descritas en el presente

documento. Se prevé que cualesquiera modificaciones o variaciones de este tipo que caigan dentro del ámbito de esta descripción están incluidas también en la misma. A menos que se mencione específicamente, es la intención del inventor que los términos y expresiones de la memoria descriptiva y las reivindicaciones tengan los significados ordinarios y habituales para los expertos en la materia o materias aplicables.

5 En uno o más ejemplos de realización, las funciones descritas se pueden implementar en hardware, software, firmware o cualquier combinación de los mismos. Si se implementan en software, las funciones se pueden almacenar o transmitirse como una o más instrucciones o código en un medio legible por ordenador. Los medios legibles por
10 ordenador incluyen tanto medios de almacenamiento informático como medios de comunicación, incluyendo cualquier medio que facilite la transferencia de un programa informático de un lugar a otro. Un medio de almacenamiento puede ser cualquier medio disponible al que se pueda acceder mediante un ordenador. A modo de ejemplo, y no de limitación, dichos medios de almacenamiento legibles por ordenador pueden comprender RAM, ROM, EEPROM, CD-ROM u otro almacenamiento en disco óptico, almacenamiento en disco magnético u otros dispositivos de almacenamiento magnéticos o cualquier otro medio que se pueda utilizar para soportar o almacenar código de programa deseado en
15 forma de instrucciones o estructuras de datos, y al que se pueda acceder mediante un ordenador o cualquier otro dispositivo o aparato que funcione como un ordenador. También, cualquier conexión está adecuadamente calificada como un medio legible por ordenador. Por ejemplo, si el software se transmite desde un sitio web, servidor u otra fuente remota utilizando un cable coaxial, cable de fibra óptica, par trenzado, línea de abonado digital (DSL) o tecnologías inalámbricas tales como infrarrojos, radio y microondas, entonces, el cable coaxial, cable de fibra óptica, par trenzado, DSL o tecnologías inalámbricas tales como infrarrojos, radio y microondas están incluidos en la definición de medio. Los
20 términos disco magnético y disco óptico, como se utilizan en el presente documento, incluyen disco compacto (CD), disco láser, disco óptico, disco versátil digital (DVD), disco flexible y disco Blu-ray, donde los discos magnéticos suelen reproducir datos magnéticamente, mientras que los discos ópticos reproducen datos ópticamente con láseres. Dentro del alcance de los medios legibles por ordenador también deben incluirse combinaciones de los anteriores.

25 La descripción anterior de una realización preferida y del mejor modo de la invención conocido por el solicitante en este momento de la presentación de la solicitud se ha expuesto y está prevista a título ilustrativo y descriptivo. No pretende ser exhaustiva o limitar la invención a la forma exacta divulgada y son posibles muchas modificaciones y variaciones a la luz de las enseñanzas anteriores. La realización se eligió y describió con el fin de explicar mejor los principios de la invención y su aplicación práctica, y para permitir que otros expertos en la materia utilicen mejor la invención en diversas realizaciones y con diversas modificaciones en cuanto sean adecuadas para el uso particular contemplado. Por lo tanto, se pretende que la invención no esté limitada a las realizaciones particulares divulgadas para llevar a cabo esta invención, sino que la invención incluya todas las realizaciones que se encuentren dentro del
30 alcance de las reivindicaciones adjuntas.
35

REIVINDICACIONES

1. Un microscopio para el microanálisis de vestigios "TMM" que comprende:

- 5 una estructura de soporte fija que tiene una superficie capaz de contener una pluralidad de muestras de vestigios "TS"; una plataforma de traslación espacial accionada electrónicamente, acoplada a la estructura de soporte fija, sosteniendo dicha plataforma un soporte mecánico movable sobre cualquier punto de dicha superficie; un módulo de fuentes de luz "LSM", una unidad de procesamiento informático "CPU" (190);
- 10 **caracterizado por que** comprende, además, un cabezal de formación de imágenes multimodal "MIH" (110) acoplado a y dispuesto sobre dicho soporte, comprendiendo dicho MIH (110) medios ópticos de formación de imágenes (100) y estando configurado para adquirir datos de formación de imágenes multimodales "MID", comprendiendo dichos MID al menos datos de formación de imágenes de color y multispectrales obtenidos a partir de objetos diana contenidos en dichas TS y en un campo de
- 15 visión "FoV" de dichos medios ópticos de formación de imágenes (100); un sistema de proyección de luz "LPS" (150), montado en una pértiga dispuesta sobre dicha estructura de soporte y configurado para proyectar patrones de luz sobre la superficie de dichas TS, caracterizando dichos patrones de luz la ubicación de dichos objetos diana y sus valores de parámetros ópticos; dicha CPU (190) está adaptada para ejecutar segundas instrucciones de programa para calcular mapas de parámetros
- 20 ópticos "OPM" a partir de dichos MID, en donde dichos OPM corresponden a los patrones de luz del sistema de proyección de luz "LPS" (150); en donde el módulo de fuentes de luz "LSM" está acoplado a dicha plataforma y comprende al menos una fuente de luz de banda ancha adaptada para iluminar al menos una porción de una TS en geometría de transmisión; y en donde la CPU (190) está adaptada para ejecutar primeras instrucciones de programa para identificar una
- 25 ubicación y valores de parámetros ópticos de los objetos diana.

2. El TMM de la reivindicación 1, en donde dicho MIH (110) comprende

- 30 un sensor de formación de imágenes de color y uno de blanco y negro para formar una disposición de sensor de formación de imágenes, adquiriendo dichos sensores simultáneamente el mismo FoV, y medios de traslación movidos por un actuador sobre el que un divisor de haz y un filtro ajustable accionado electrónicamente están dispuestos e interpuestos selectivamente en una trayectoria de rayos de formación de imágenes de dicha disposición de sensor de formación de imágenes, de modo que dicho MIH (110) puede funcionar en modos de formación de imágenes de color, instantánea multiespectral e hiperespectral.
- 35

3. El TMM de la reivindicación 2 en donde dicha disposición de sensor de formación de imágenes comprende además un sensor de polarización de modo que dicho MIH (110) puede funcionar en modos de formación de imágenes de color, instantánea multiespectral, hiperespectral y polarización y en combinaciones de los mismos.

- 40 4. El TMM de la reivindicación 1 en donde dicho LSM comprende además una unidad de epiiluminación con fuentes de luz seleccionadas de un grupo que comprende fuentes de luz de banda ancha, fuentes de luz de banda estrecha, fuentes de luz LED y láser.

45 5. El TMM de la reivindicación 1 en donde dicho LSM comprende además fuentes de luz filtradas con medios de filtro polarizadores.

6. El TMM de la reivindicación 1, en donde la CPU (190) ejecuta además terceras instrucciones de programa para convertir dichos OPM en un mapa de identidad química y estructural "CSIM" mediante una correlación de valores de dichos MID y OPM con valores obtenidos a partir de objetos de referencia con composición química y estructural conocida.

50

7. El TMM de la reivindicación 1, en donde dichos OPM comprenden parámetros ópticos seleccionados de un grupo que comprende valores de intensidad, valores de intensidad pico, valores de relación calculados a partir de espectros sin procesar o centroide, valores de semejanza espectral, parámetros de Stokes y valores de birrefringencia.

55 8. El TMM de la reivindicación 1, que comprende además una cámara de visión general "OVC" (160) dispuesta sobre dicha pértiga para capturar una imagen de toda el área de la TS, para mostrar dicha imagen en una pantalla para anotar digitalmente áreas de la TS, siendo convertidas dichas anotaciones, mediante un programa de interfaz de usuario ejecutado por dicha CPU (190), en instrucciones dirigidas a una unidad de control para accionar dichos transladores espaciales de modo que dicho MIH (110) escanee selectivamente las áreas anotadas.

60

9. El TMM de la reivindicación 1, en donde dichas TS comprenden muestras de tejido biológico.

10. El TMM de la reivindicación 1, en donde dichas TS comprenden muestras de fluidos corporales.

65 11. El TMM de la reivindicación 1 en donde dichos objetos diana comprenden vestigios encontrados en un campo de un delito y dichas TS comprenden una película de soporte "BF" (500) y una cinta de levantamiento de vestigios "TLT"

(510) que encapsulan dichos vestigios.

5 12. El TMM de la reivindicación 11, en donde cada TS comprende una extremidad de pestaña insertable en una ranura grabada sobre dicha superficie de estructura de soporte para bloquear dicha orientación de TS en relación con la plataforma del TMM.

13. El TMM de la reivindicación 11, en donde dicha BF (500) y dicha TLT (510) están hechas de material ópticamente claro, no polarizante, no fluorescente y no birrefringente al menos en el intervalo espectral de 300-700 nm.

10 14. El TMM de la reivindicación 11, en donde dicha BF (500) y dicha TLT (510) están fabricadas a partir de materiales seleccionados de un grupo que comprende: metacrilato de polimetilo "PMMA", cicloolefina, material de vinilo fundido y policarbonato.

15 15. Un método para realizar microanálisis de vestigios que comprende:

colocar una pluralidad de muestras de vestigios "TS" en una superficie de una estructura de soporte fija; trasladar un soporte mecánico sobre cualquier punto de dicha superficie, disponiendo dicho soporte un cabezal de formación de imágenes multimodal que comprende medios ópticos de formación de imágenes (100); estando **caracterizado** el método **por que** además comprende,

20 adquirir datos de formación de imágenes multimodales "MID", comprendiendo dichos MID al menos datos de formación de imágenes de color y multiespectrales obtenidos a partir de objetos diana contenidos en dichas TS y en un campo de visión "FoV" de dichos medios ópticos de formación de imágenes (100);

iluminar al menos una porción de una TS en geometría de transmisión con un módulo de fuentes de luz "LSM" acoplado a dicha plataforma, comprendiendo dicho LSM al menos una fuente de luz de banda ancha;

25 ejecutar primeras instrucciones de programa en una unidad de procesamiento informático "CPU" (190) para identificar una ubicación y valores de parámetros ópticos de los objetos diana;

proyectar patrones de luz sobre la superficie de dichas TS mediante un sistema de proyección de luz "LPS" (150), estando dicho LPS (150) montado en una pértiga dispuesta sobre dicha estructura de soporte, caracterizando dichos patrones de luz la ubicación de dichos objetos diana y sus valores de parámetros ópticos;

30 ejecutar segundas instrucciones de programa mediante dicha CPU (190) para calcular mapas de parámetros ópticos "OPM" a partir de dichos MID, en donde dichos OPM corresponden a los patrones de luz del sistema de proyección de luz "LPS" (150).

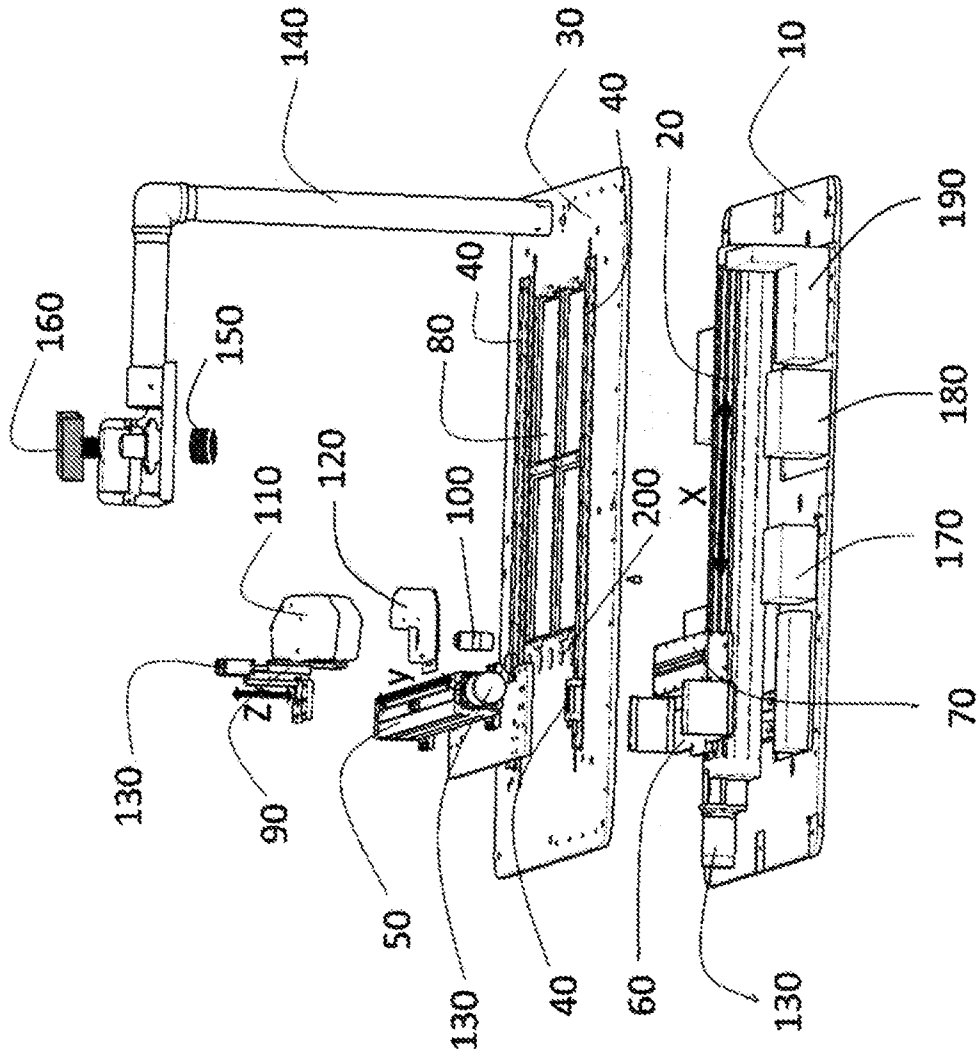
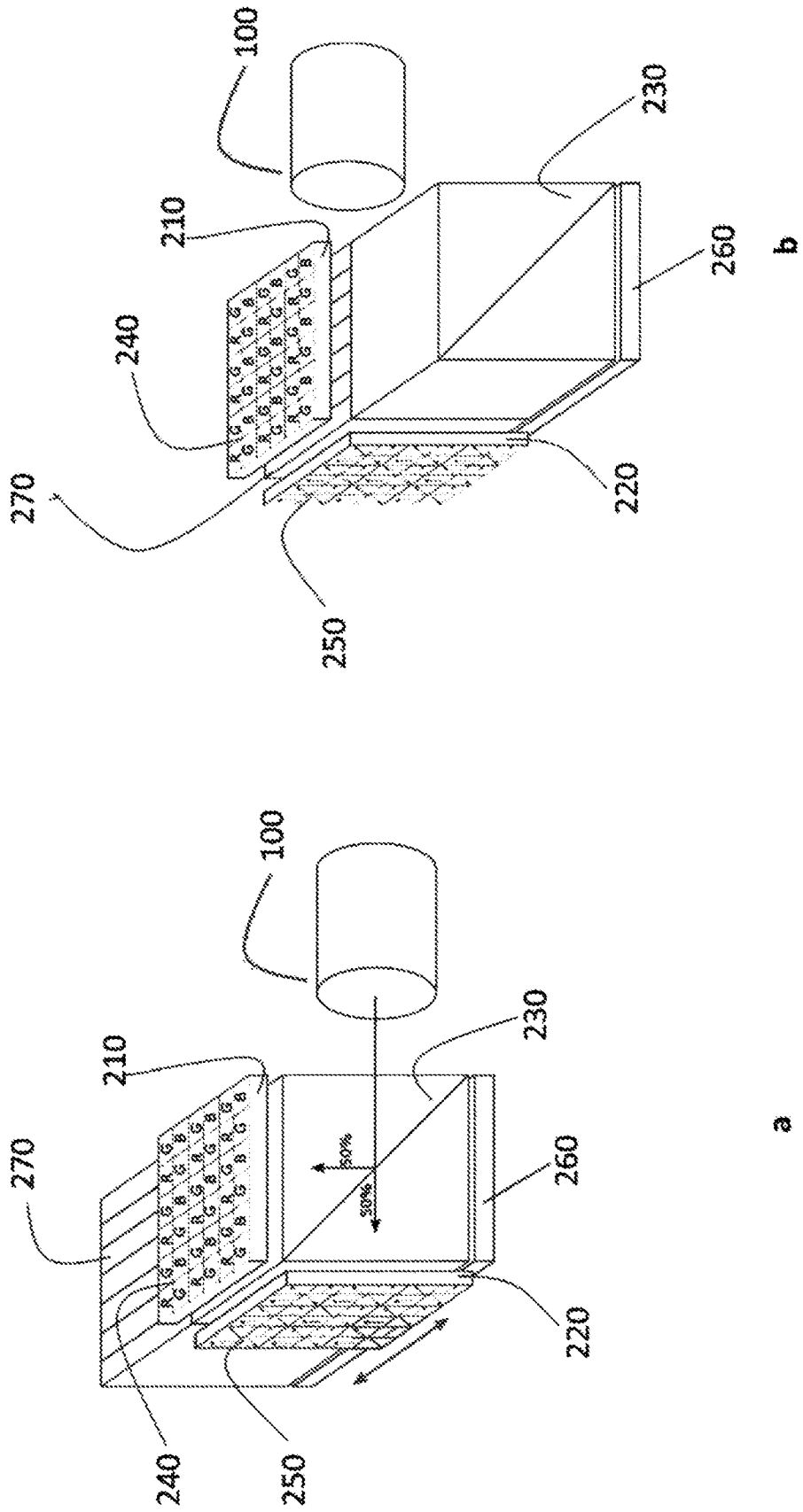


FIG. 1



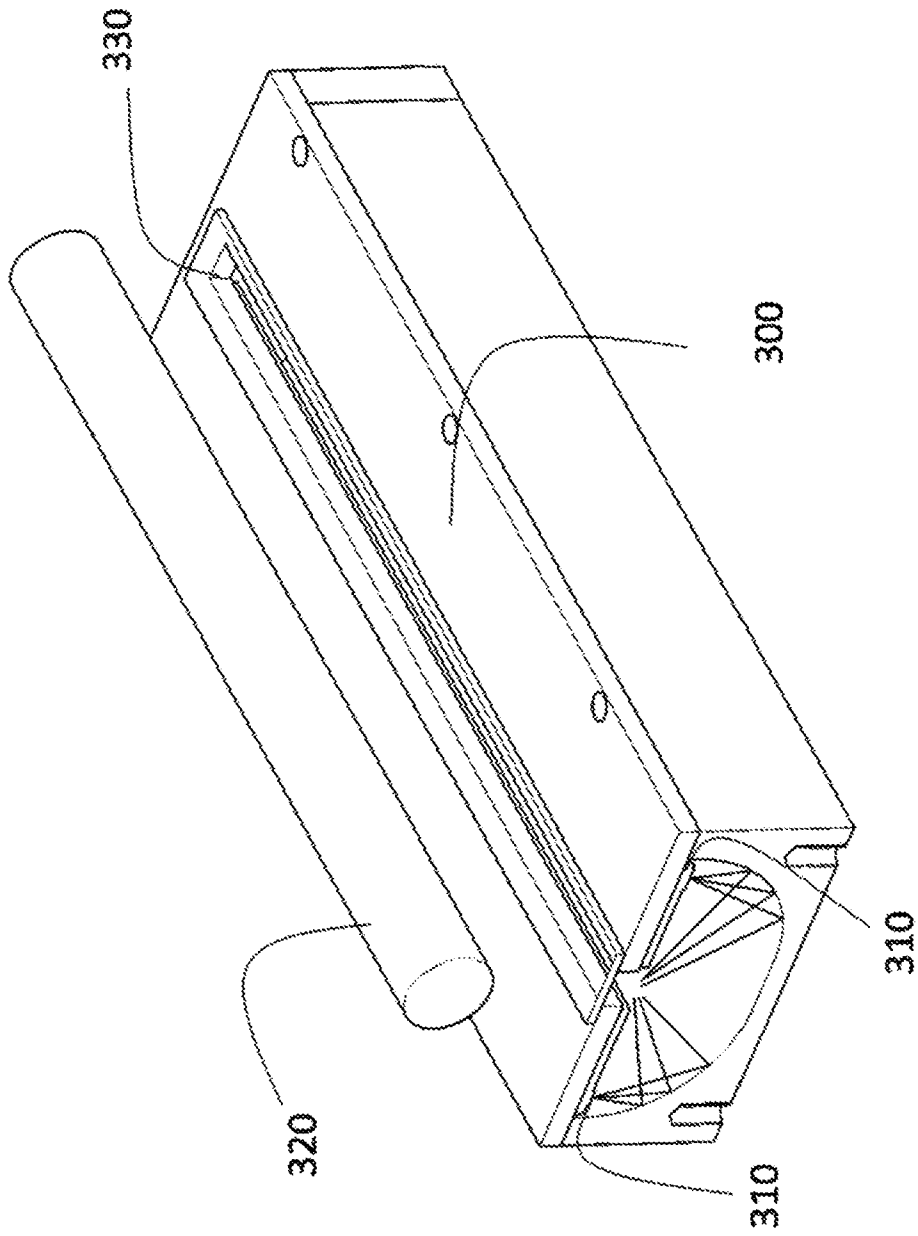


Fig. 3

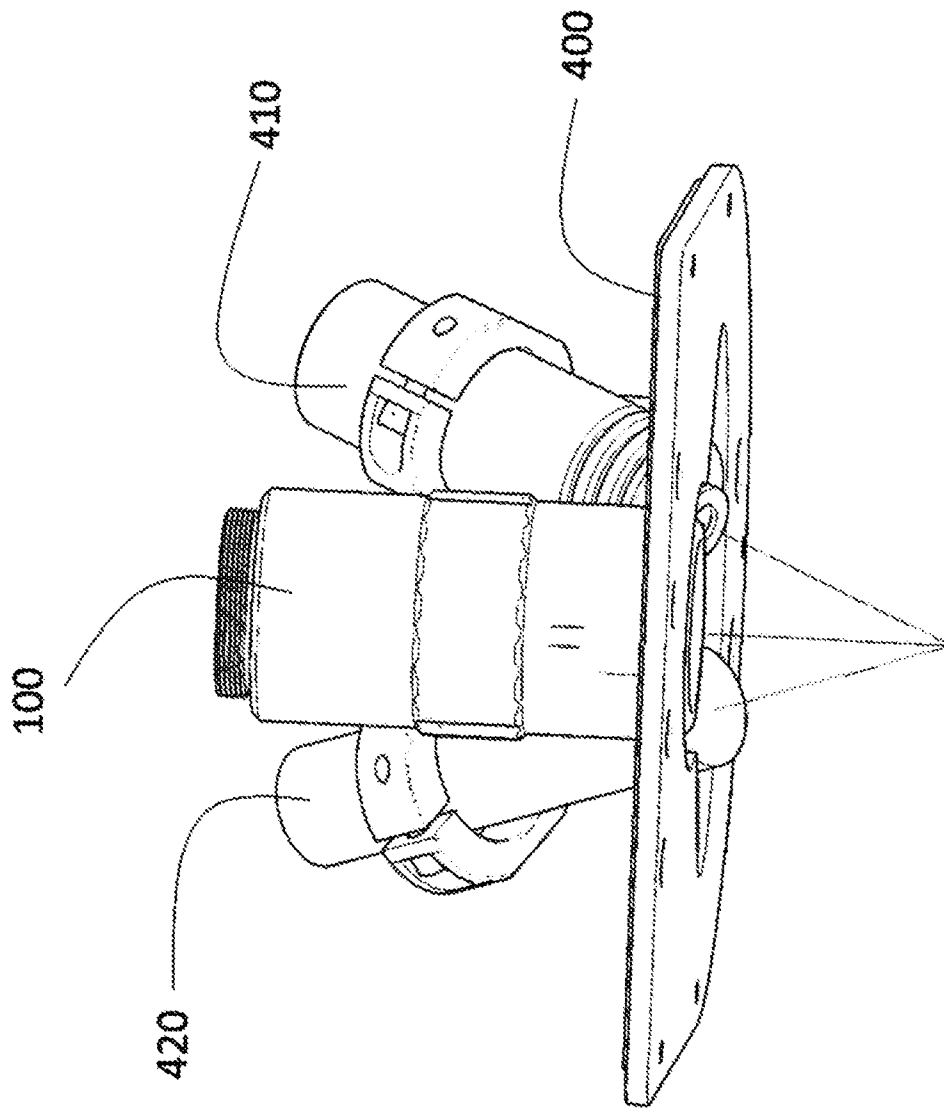


Fig. 4

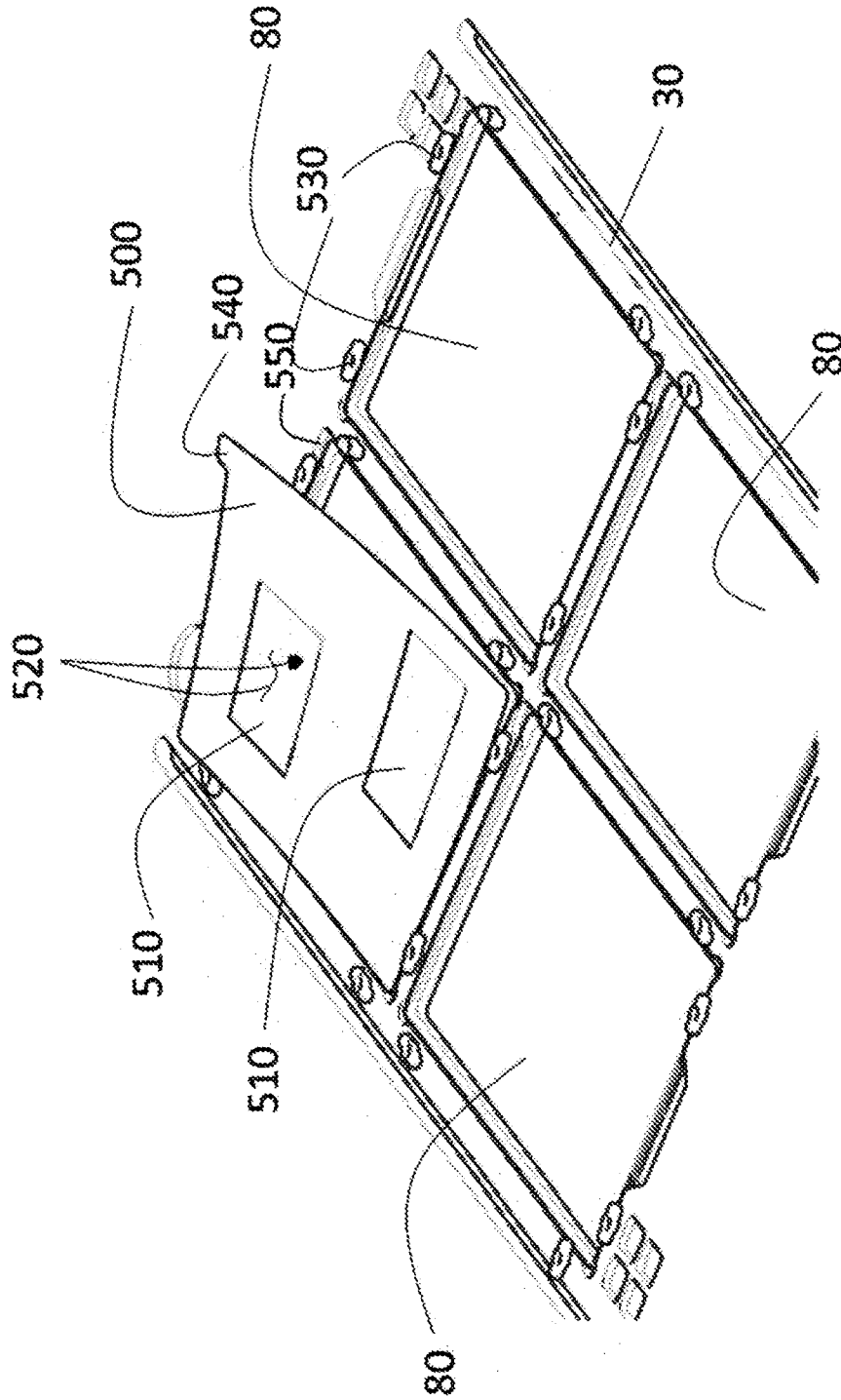


Fig. 5

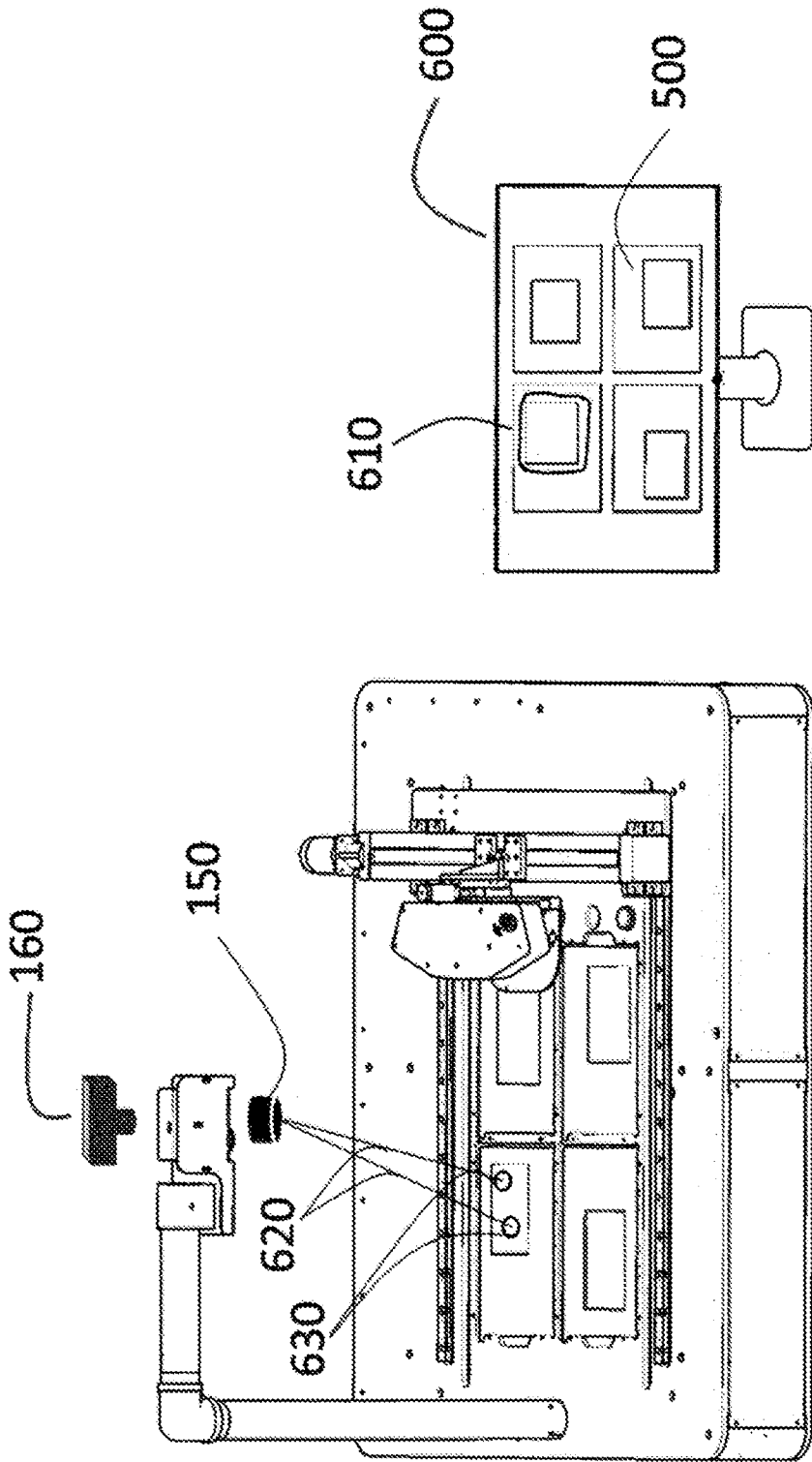


Fig. 6

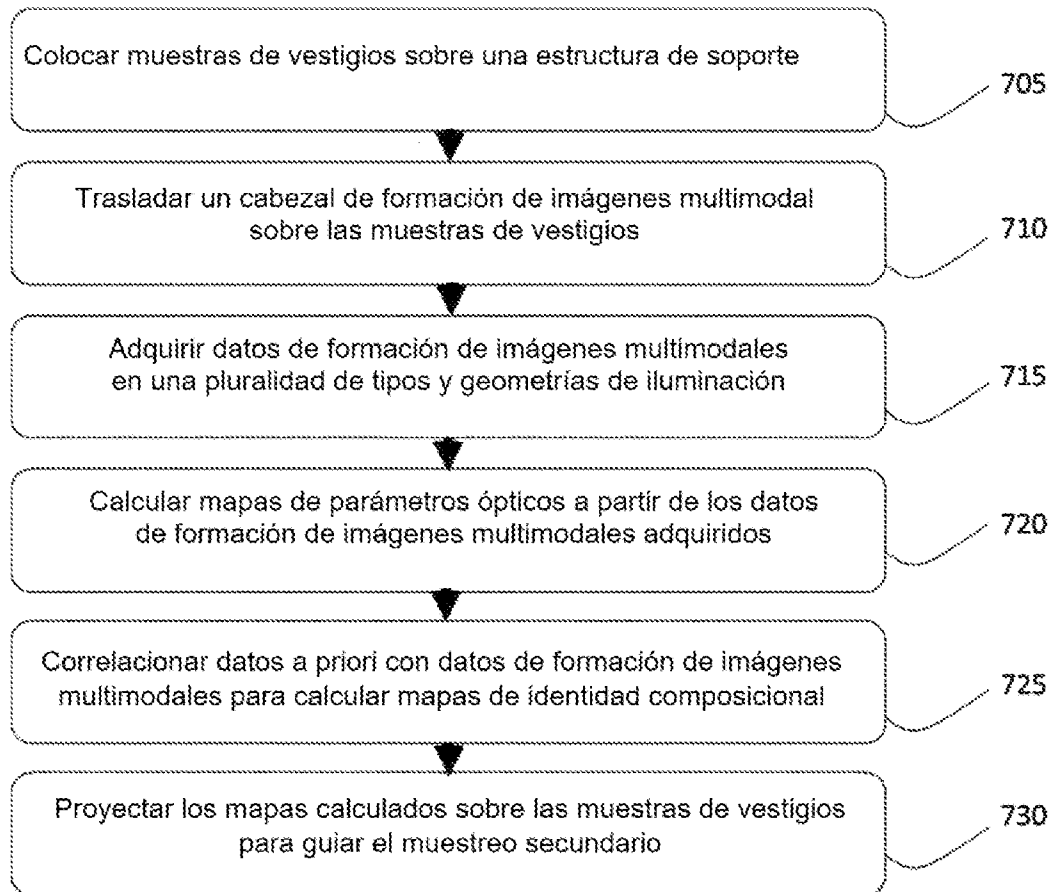


Fig. 7

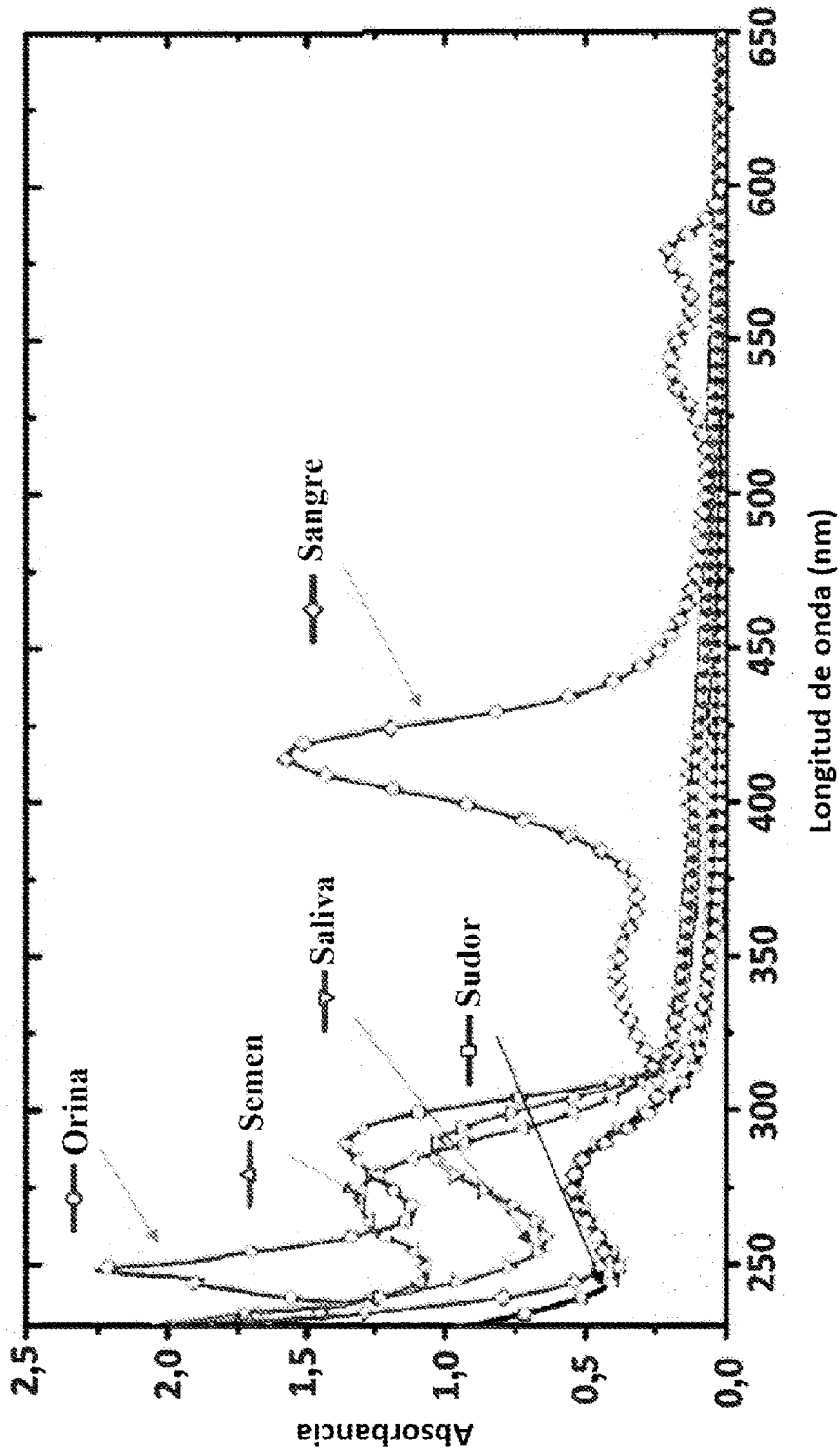


Fig. 8

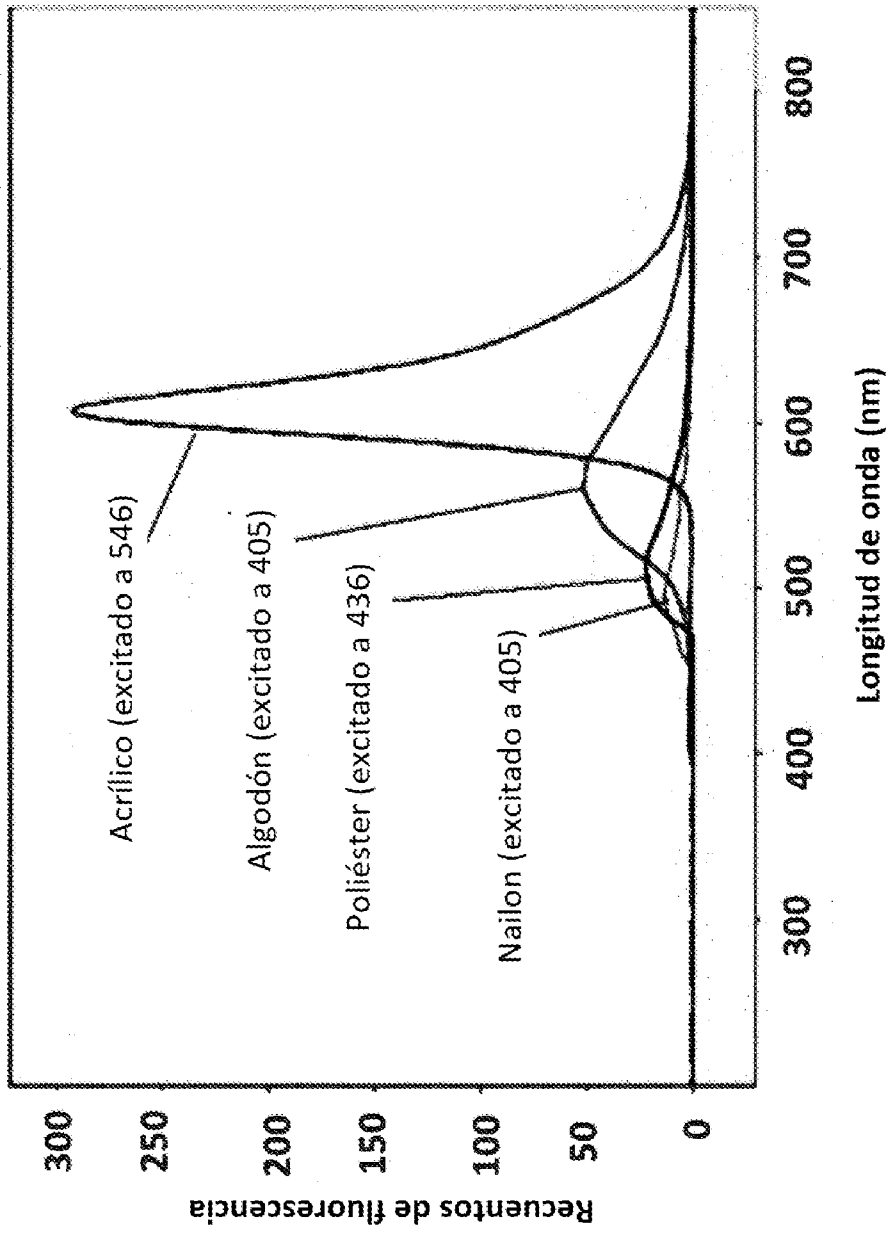


Fig. 9