

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 725 482**

51 Int. Cl.:

**G01N 21/47** (2006.01)

**G01N 21/49** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.07.2017** E 17382427 (7)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.04.2019** EP 3324173

54 Título: **Sistema y método de inspección por luz de la superficie e interior de una muestra**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**24.09.2019**

73 Titular/es:

**FYLA LASER, S.L. (100.0%)**  
**Ronda Guglielmo Marconi, 12**  
**46980 Paterna (Valencia), ES**

72 Inventor/es:

**PÉREZ MILLÁN, PERE;**  
**TORRES PEIRÓ, SALVADOR;**  
**ABREU AFONSO, JAVIER;**  
**MUÑOZ MARCO, HÉCTOR y**  
**OTGON, VIOREL**

74 Agente/Representante:

**INGENIAS CREACIONES, SIGNOS E**  
**INVENCIONES, SLP**

**ES 2 725 482 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

Sistema y método de inspección por luz de la superficie e interior de una muestra

5 **Campo técnico**

La presente invención se dirige, en general, al campo de los sistemas y métodos ópticos para medición de propiedades de una mezcla, permitiendo la inspección de la muestra de forma no destructiva. En particular, la invención se refiere a un sistema y método de inspección por luz de la superficie e interior de una muestra, por ejemplo, alimentos, productos reciclados o de madera, un mineral, etc.

**Antecedentes de la invención**

La Patente EP 2200758 se refiere a un método y aparato de clasificación para detección de irregularidades en un producto, en el que se dirige al menos un haz de luz hacia este producto por medio de un espejo móvil, mediante lo que el producto se mueve en una dirección particular a través de una zona de detección, de modo que dicho haz de luz, que preferentemente se mueve transversalmente a través de la trayectoria del producto, sea al menos parcialmente dispersado y/o reflejado por dicho producto. La luz dispersada y/o reflejada es detectada por al menos un detector para caracterizar y clasificar el producto.

La Patente US 7830519 divulga un dispositivo para medición no invasiva de la concentración de una o más sustancias analizadas en un sujeto vivo o una muestra biológica, en el que el dispositivo incluye varias fuentes de luz, un sistema para el control de los tiempos e intensidad de las producciones de la fuente de luz, un sistema para pasar la luz a través del sujeto o muestra, un sistema para medir la cantidad de luz transmitida y un sistema para relacionar la medición con la concentración de la sustancia analizada en cuestión. Las fuentes de luz son fuentes de banda estrecha en diferentes longitudes de onda y tienen la capacidad de ser rápidamente conmutadas entre dos niveles de intensidad. El número de fuentes de luz requeridas y las longitudes de onda de las fuentes dependen de la sustancia analizada a ser medida.

La Patente US 6753966 se refiere a sistemas y métodos de análisis espectral para determinar las propiedades físicas y químicas de una muestra mediante la medición de las características ópticas de la luz emitida desde la muestra. En una realización, un cabezal de sonda para su uso con un espectrómetro incluye un reflector para iluminar un volumen de muestra dispuesto circunferencialmente alrededor de la fuente de luz del cabezal de sonda. En otra realización, un cabezal de sonda incluye un elemento de bloqueo óptico para forzar la trayectoria óptica entre la fuente de luz y un captador óptico ópticamente conectado al espectrómetro dentro de la muestra. El cabezal de sonda incluye también un obturador de referencia para bloquear selectivamente que la luz emitida desde la muestra alcance el captador óptico para facilitar el calibrado del espectrómetro.

La Patente EP 0822394 se refiere a un dispositivo de fotodetección que puede eliminar una deriva o un componente de ruido aleatorio de una señal de medición débil y amplificar la señal con una relación de señal a ruido elevada para su uso en un dispositivo de medición para medir ópticamente una sustancia específica tal como glucosa o hemoglobina en sangre u orina o azúcar en una fruta, por ejemplo, contenida en una instancia de dispersión tal como un líquido, alimento o un cuerpo humano.

La Solicitud de Patente US 2007/0229832 se refiere a un método y un aparato para, con el objetivo de inspeccionar y clasificar cualidades externas y cualidades internas de productos agrícolas o similares, inspeccionar, de forma no destructiva, valores de componentes tales como un grado de azúcar y un grado de acidez y cualidades internas tales como enfermedades y defectos internos y defectos fisiológicos que no pueden encontrarse en el aspecto de objetos tales como los productos agrícolas mediante la proyección de haces hacia los objetos, que se transportan uno a uno en una línea por varios medios de transporte, tanto desde el lado izquierdo como derecho de una trayectoria de transporte en posiciones de inspección de posiciones predeterminadas de la trayectoria de transporte usando una pluralidad de lámparas proyectoras, condensando y recibiendo la luz transmitida que sale a un lado superior y un lado inferior a través del interior de los objetos y aplicando análisis espectral a la luz transmitida.

La Solicitud de Patente EP 1959250 divulga un aparato de análisis que tiene una estructura para permitir espectrometría en una región de frecuencia más grande en tanto que es excelente en la funcionalidad. El aparato de análisis comprende una sección de fuente de luz y una sección de detección de luz. La sección de fuente de luz incluye una fuente de siembra de luz que emite luz láser y una fibra óptica no lineal altamente sólida que genera una luz supercontinua en respuesta a la introducción de la luz láser y emitiendo de ese modo la luz supercontinua como luz de radiación a un objeto. La sección de detección de luz detecta la luz a ser detectada desde el objeto irradiado con la luz de irradiación.

La Solicitud de Patente US 2015/062573 proporciona un dispositivo de detección óptica que incluye una disposición óptica configurada para generar un patrón de iluminación anular para iluminar una zona de una muestra y configurado adicionalmente para recibir una luz de retorno desde la zona de la muestra iluminada por el patrón de iluminación anular. Más aún, se incluye también una disposición de detector configurada para detectar la luz de retorno.

La Solicitud de Patente US 2003/030850 divulga un sistema para interrogación óptica de una muestra adaptable para iluminación con longitud de onda múltiple y recogida de luz fluorescente o luminiscente en múltiples longitudes de onda, en el que el perfil de longitud de onda de la iluminación y el perfil de recogida de luz pueden solaparse. En el sistema, se enfoca luz coherente desde uno o más láseres sobre una capa objetivo en una muestra para excitar luz fluorescente o luminiscente desde la capa objetivo. La luz emitida se recoge desde una profundidad seleccionada mediante un colector de luz reflejada que transmite la luz recogida a la óptica de detección. El colector de luz reflejada dirige la luz recogida en un ángulo al eje óptico de la luz de iluminación, separando de ese modo la luz emitida recogida de la luz de iluminación. El colector de luz puede recoger la luz desde un foco, por lo que la luz de iluminación enfocada combinada con la recogida de luz enfocada ayuda en la limitación de la profundidad de campo a una profundidad seleccionada. Adicionalmente, puede usarse un filtro espacial colocado entre el colector de luz y la óptica de detección para confinar la profundidad de campo a una profundidad seleccionada. Este dispositivo puede incorporarse en un escáner óptico mediante el escaneado de la luz de iluminación en una primera dirección y traslación de la muestra en una dirección tangente. Alternativamente, la óptica de iluminación y detección puede permanecer fija y los objetivos detectables moverse pasando por una localización de escaneado (por ejemplo, como en análisis electroforético).

La Solicitud de Patente US 2008/174767 divulga un sistema óptico para conseguir un rechazo mejorado de la luz de excitación dispersada y un rendimiento en señal a ruido superior cuando se leen pocillos de microplacas. El sistema óptico usa una configuración axial en la que el haz de excitación incidente sobre la muestra se propaga a lo largo del eje del pocillo de microplaca. La luz de excitación desde una fuente de luz, tal como una lámpara o una agrupación de fibras ópticas, se colima en un haz usando una lente. Se usa a continuación un espejo de captura para reflejar el haz de excitación colimado hacia arriba a lo largo del eje del pocillo. Se usa una lente de enfoque, con un diámetro que excede el diámetro del haz de excitación colimado, para enfocar el haz de excitación en el pocillo. Se usa la misma lente ancha para colimar la luz fluorescente emitida, de la que un gran porcentaje se propaga axialmente pasando el espejo de captura hacia una segunda lente de enfoque que enfoca el haz de emisión sobre la cara de una agrupación de fibras ópticas. La luz emitida se filtra posteriormente y se detecta usando una posición que está ópticamente apantallada frente al sistema óptico anteriormente mencionado. El sistema óptico se incorpora en un lector de microplacas o instrumento de ensayo automatizado para proporcionar un conjunto compacto para mediciones de fluorescencia sensibles bien por encima o bien por debajo de la microplaca. El sistema óptico permite además la medición simultánea de la absorbancia y fluorescencia en una configuración óptica compacta.

Son conocidos otros sistemas ópticos para medición de parámetros ópticos de una muestra por los documentos WO 92/01923 y US 6353226.

Sin embargo, ninguno de los documentos de la técnica anterior citados proporciona o divulga un sistema y método de recepción de luz, que permita discriminar simultáneamente la luz dispersada desde la superficie de una muestra de la luz dispersada desde el interior de dicha muestra. Por lo tanto, las soluciones de la técnica anterior no pueden capturar y distinguir con precisión las propiedades diferenciadas de ambas partes de la muestra.

#### 40 Descripción de la invención

La presente invención proporciona un sistema de inspección por luz de la superficie e interior de una muestra, comprendiendo el sistema: una fuente de luz configurada para generar un haz de luz que tiene un espectro de banda ancha con una potencia óptica dada para incidir sobre una muestra localizada a una distancia dada, comprendiendo dicha muestra unos coeficientes de translucidez y absorción dados; una unidad de captura de luz; un sistema de captura de imagen configurado para obtener una imagen de dicha muestra tras dicha incidencia, comprendiendo dicho sistema de captura de imagen un espejo parabólico con un orificio, permitiendo dicho espejo parabólico: el paso del haz de luz hacia la muestra a través del orificio, la redirección del componente de luz dispersada de la muestra hacia dicha unidad de captura de luz y la eliminación de la luz que llega por reflexión directa de la muestra a través de dicho orificio; incluyendo dicha unidad de captura de luz una agrupación de fibras bifurcadas que tienen un extremo común y que comprenden una fibra central y al menos una fibra externa, situándose dicha fibra central para recibir la luz dispersada al menos desde la superficie de la muestra y situándose dicha al menos una fibra externa a una distancia dada de la fibra central para recibir exclusivamente la luz dispersada desde el interior de la muestra; y un sistema de medición configurado para medir una potencia y/o un espectro recogido independientemente en la fibra central y en la al menos una fibra externa, en el que dicha imagen de la muestra se obtiene en un plano transversal del extremo común de la agrupación de fibras bifurcadas.

Por lo tanto, el sistema propuesto permite discriminar la luz dispersada desde la superficie de la muestra de la luz dispersada desde el interior de dicha muestra.

Preferentemente, el espejo parabólico es cóncavo y tiene una longitud focal de aproximadamente 101 milímetros con una configuración a 90°.

En una realización, la agrupación de fibras bifurcadas comprende una pluralidad de fibras externas, comprendiendo preferentemente al menos tres fibras, en una formación anular alrededor de dicha fibra central. La pluralidad de fibras externas se localiza en esta realización a una misma distancia de la fibra central.

En una realización, el sistema de medición incluye un espectrómetro y un dispositivo de medición de potencia adaptado cada uno para medir dicha potencia y dicho espectro en la fibra central y en la fibra externa o la pluralidad de fibras externas, independientemente y también simultáneamente (si se considera necesario).

5 La fuente de luz puede incluir cualquiera de entre: una fuente de luz láser supercontinua que comprende una longitud de onda de luz entre 450 y 2400 nm; una fuente supercontinua mejorada visible que comprende una longitud de onda de luz por debajo de 450 nm; o un láser supercontinuo basado en fibras de cristal fotónico de vidrio blando que proporcionan intervalos de emisión desde 2  $\mu\text{m}$  a 13  $\mu\text{m}$ . Asimismo, la fuente de luz puede comprender una fuente de luz de múltiples longitudes de onda.

De acuerdo con una realización, el sistema incluye también uno o más filtros, localizados entre el espejo parabólico y la muestra y configurados para seleccionar una longitud de onda de la luz dispersada desde la muestra.

15 De acuerdo con otra realización, el sistema de captura de imagen incluye un dispositivo óptico tal como un espejo galvanométrico o un espejo rotativo poligonal, localizados entre el espejo parabólico y la muestra y configurados para cambiar y orientar la dirección del haz de luz hacia la muestra. El sistema puede incluir también uno o más filtros, localizados entre la fuente de luz y el dispositivo óptico y configurados para excitar la muestra con luz de forma espectral arbitraria.

20 La presente invención proporciona también un método de inspección por luz de la superficie e interior de una muestra, que comprende: generar, por una fuente de luz, un haz de luz que tiene un espectro de banda ancha con una potencia óptica dada para incidir sobre una muestra localizada a una distancia dada, comprendiendo dicha muestra unos coeficientes de translucidez y absorción dados; obtener, en un plano transversal de un extremo común de una agrupación de fibras bifurcadas, una imagen de dicha muestra tras dicha incidencia mediante un sistema de captura de imagen que comprende un espejo parabólico con un orificio, permitiendo dicho espejo parabólico el paso del haz de luz hacia la muestra a través de dicho orificio; redirigir, mediante el espejo parabólico, un componente de luz dispersada de la muestra hacia el extremo común de dicha agrupación de fibras bifurcadas, estando compuesta dicha agrupación de fibras bifurcadas por una fibra central y al menos una fibra externa; eliminar, mediante el espejo parabólico, la luz que llega por reflexión directa en la muestra a través de dicho orificio; recibir luz dispersada al menos desde la superficie de la muestra mediante dicha fibra central de la agrupación de fibras bifurcadas; recibir luz dispersada exclusivamente desde el interior de la muestra mediante dicha al menos una fibra externa de la agrupación de fibras bifurcadas; y medir, mediante un sistema de medición, una potencia y/o espectro recogidos en la fibra central y en la al menos una fibra externa independientemente.

De acuerdo con el método propuesto, la muestra puede comprender cualquiera de entre un alimento tal como una fruta o una verdura, material o productos de reciclado, material o productos de madera, un metal, un tejido biológico, un textil, un plástico, un fármaco o medicina, un mineral, entre otros.

#### 40 **Breve descripción de los dibujos**

Las previas y otras ventajas y características se entenderán más completamente a partir de la siguiente descripción detallada de realizaciones, con referencia a las figuras adjuntas, que deben considerarse de una forma ilustrativa y no limitativa, en las que:

45 La Fig. 1 es una ilustración esquemática de un sistema de inspección por luz de la superficie e interior de una muestra para discriminar la luz dispersada desde la superficie de la muestra de la luz dispersada desde el interior de dicha muestra, de acuerdo con una realización preferida de la presente invención.

50 La Fig. 2 ilustra un ejemplo de una configuración redonda a lineal que puede usarse por la presente invención, de acuerdo con una realización.

La Fig. 3 ilustra un ejemplo de la sección transversal de la agrupación de fibras bifurcadas usadas en el sistema propuesto.

55 La Fig. 4 ilustra esquemáticamente un ejemplo de un cono de luz desde el interior de una muestra (visto en sección transversal y desde arriba) para mostrar cómo la luz dispersada procedente del interior de la muestra se discrimina frente a la luz dispersada procedente desde la superficie de la muestra.

60 Las Figs. 5 y 6 ilustran diferentes resultados obtenidos mediante el sistema propuesto con dos muestras diferentes.

La Fig. 7 es un diagrama de bloques que ilustra una realización de un método de inspección por luz de la superficie e interior de una muestra.

#### **Descripción detallada de realizaciones preferidas**

65 La Fig. 1 muestra una realización preferida del sistema propuesto. de acuerdo con la presente invención la muestra 1

puede ser cualquier tipo de producto alimenticio (por ejemplo fruta o verdura), un producto de reciclado, un metal, un tejido biológico, un producto de madera, un plástico, un fármaco o incluso un mineral, con unos coeficientes de translucidez y absorción dados.

5 De acuerdo con la realización preferida, el sistema propuesto incluye una fuente de luz 10 configurada para generar un haz de luz con un espectro de banda ancha con una potencia óptica dada para incidir sobre la muestra 1; un sistema de captura de imagen 20 configurado para obtener una imagen de la muestra tras dicha incidencia; una unidad de captura de luz que comprende una agrupación de fibras bifurcadas 15 sostenidas por un contenedor 18, es decir un cierto número de fibras situadas lado con lado en un extremo común y divididas en dos patillas en el otro extremo  
10 (véase la Fig. 2), siendo el tipo de fibra usado en cada patilla el mismo o diferente; y un sistema de medición 30. El sistema también incluye (opcionalmente) un colimador 11, un contenedor 12, un filtro 13.

Preferentemente, la fuente de luz tiene múltiples longitudes de onda. La fuente de luz 10 puede ser cualquiera de entre una fuente de luz láser supercontinua que tiene una longitud de onda de luz entre 450 y 2400 nm, una fuente  
15 supercontinua mejorada visible que tiene una longitud de onda de luz por debajo de 450 nm o un láser supercontinuo basado en fibras de cristal fotónico de vidrio blando que proporcionan intervalos de emisión desde 2  $\mu\text{m}$  a 13  $\mu\text{m}$ . Incluso, la fuente de luz 10 podría ser una fuente de banda ancha tradicional tal como una lámpara, un diodo superluminiscente (SLED), un LED blanco, etc. Sin embargo, y debido a que los niveles de potencia de las fuentes de banda ancha tradicionales son más bajos, se prefieren fuentes de luz supercontinuas.

20 De acuerdo con esta realización preferida, el sistema de captura de imagen 20 comprende un espejo parabólico 21 con un orificio y un dispositivo óptico 22 tal como un espejo galvanométrico o un espejo rotativo poligonal capaz de dirigir el haz de luz hacia la muestra 1. Debería observarse que el dispositivo óptico 22 es opcional en la arquitectura del sistema. Es decir, en realizaciones alternativas del sistema propuesto, en este caso no ilustradas, el sistema de  
25 captura de imagen 20 está formado solamente por el espejo parabólico 21.

El espejo parabólico 21 está adaptado y configurado de modo que permite: el paso del haz de luz hacia la muestra 1, la redirección del componente de luz dispersada de la muestra 1 hacia la agrupación de fibras bifurcadas 15 y la  
30 eliminación de la luz procedente de la reflexión directa en la muestra 1. Preferentemente, el espejo parabólico 21 es cóncavo y tiene una longitud focal de aproximadamente 101 milímetros con una configuración a 90°. El dispositivo óptico 22 está adaptado y configurado para cambiar y orientar la dirección del haz de luz hacia la muestra 1.

Con referencia ahora a la Fig. 3, se ilustra en ella un ejemplo del plano transversal del extremo común de la agrupación de fibras bifurcadas 15. Como puede verse, la agrupación se forma por una fibra central 17 y una pluralidad de fibras  
35 externas 16 en una formación anular alrededor de dicha fibra central 17. En este caso particular, se usan seis fibras externas 16 (es decir una agrupación de 6 alrededor de 1 fibra en una configuración redonda a lineal), por lo tanto se maximiza la luz recibida por el sistema de medición 30 desde las fibras externas 16. Sin embargo, debería señalarse que la invención puede trabajar con cualquier disposición de fibras externas 16; incluso puede usarse una única fibra externa 16.

40 La fibra central 17 se sitúa para recibir la luz dispersada principalmente desde la superficie de la muestra 1. Debería señalarse que la fibra central 17 puede recibir también luz dispersada desde el interior de la muestra 1. Las fibras externas 16 se sitúan para recibir la luz dispersada exclusivamente desde el interior de la muestra. Preferentemente, todas las fibras externas 16 de la agrupación 15 se localizan a la misma distancia desde la fibra central 17.

45 Volviendo a referirnos a la Fig. 1, de acuerdo con dicha realización preferida, el sistema de medición 30 comprende un espectrómetro 31 y un dispositivo de medición de potencia 32 para medir independientemente el espectro y/o la potencia de la fibra central 17 y de las fibras externas 16. Podría usarse un único dispositivo para medir ambos  
50 parámetros.

El sistema de la Fig. 1 puede comprender también uno o más filtros (por ejemplo el filtro 13) para excitar la muestra 1 con luz de forma espectral arbitraria: filtros paso bajo, paso banda y/o paso alto. Los uno o más filtros pueden colocarse en cualquier posición entre la fuente de luz 10 y el dispositivo óptico 22.

55 En otra realización, el sistema puede comprender también filtros para seleccionar la longitud de onda de la luz dispersada desde la muestra 1. Por ejemplo, filtros paso bajo, paso banda y/o paso alto, situados entre el espejo parabólico 21 y la agrupación de fibras 15. También pueden usarse elementos dispersores en estas posiciones tales como prismas y rejillas de difracción para discriminar longitudes de onda.

60 La Fig. 4 ilustra ejemplarmente cómo la luz dispersada SL procedente del interior 1I de la muestra 1 es discriminada frente a la luz dispersada SL procedente de la superficie 1S de la muestra 1. En la parte superior de la figura se muestra cómo la luz desde el interior 1I y desde la superficie 1S de la muestra 1 son dispersadas tras la incidencia de un haz de luz LB. La parte inferior de la figura representa la estructura transversal de la luz en el objeto y la imagen plana del sistema de formación de imágenes, teniendo en cuenta un factor de magnitud arbitrario  $M = \frac{l'}{l}$  en la que  $l'$  es  
65 la distancia desde el centro del espejo parabólico 21 al extremo de recogida de la agrupación de fibras 15, y  $l$  es la

distancia desde el centro del espejo parabólico 21 a la superficie de la muestra 1 (siguiendo la trayectoria óptica del haz láser). El objeto plano corresponde al plano que es tangente a la superficie de la muestra 1 y normal a la trayectoria del haz de láser.

5 Las Figs. 5 y 6 ilustran diferentes resultados obtenidos con dos muestras diferentes, una naranja (Fig. 5) y un tomate (Fig. 6). Las dos muestras fueron incididas por el haz de luz generado por la fuente de luz 10 y se usó la arquitectura del sistema representada en la Fig. 1 para medir la potencia recogida en la fibra central 17 y en las fibras externas 16 así como el espectro con diversos tiempos de adquisición para compararlos. En ambas de dichas figuras, la columna izquierda ilustra los resultados de la fibra central mientras que la columna derecha ilustra los resultados de la fibra  
10 externa. La diferencia de los espectros de las columnas izquierda y derecha demuestra que tanto el interior como la superficie de la muestra 1 se midieron independientemente y también simultáneamente.

Con referencia ahora a la Fig. 7, se ilustra en ella una realización del método propuesto. De acuerdo con esta realización particular, la fuente de luz 10 genera, etapa 701, un haz de luz que tiene un espectro de banda ancha con una potencia óptica dada para incidir sobre la muestra 1 localizada a una distancia dada. Después, etapa 702, se  
15 obtiene una imagen de la muestra 1 mediante el sistema de captura de imagen 20. En la etapa 703, el espejo parabólico 21 redirige el componente de luz dispersada de la muestra 1 hacia la agrupación de fibras bifurcadas 15, eliminando la luz procedente de reflexión directa en la muestra 1 a través de su orificio. La luz dispersada desde la superficie de la muestra 1, etapa 705, se recibe por la fibra central 17 y la luz dispersada únicamente desde el interior  
20 de la muestra, etapa 706, se recibe por la(s) fibra(s) externa(s) 16. Finalmente, el sistema de medición 30, etapa 707, mide la potencia y/o del espectro recogidos en la fibra central 17 y en la(s) fibra(s) externa(s) 16, independientemente.

La longitud focal del espejo parabólico 21, la longitud/distancia desde el espejo parabólico 21 a la muestra 1 y la longitud/distancia desde el espejo parabólico 21 a la agrupación de fibras bifurcadas 15 se selecciona de modo que la  
25 imagen de la muestra 1 se forme en el plano transversal de la entrada de la agrupación de fibras.

Mientras que en la descripción anterior de las realizaciones particulares se ha indicado que la muestra es un alimento tal como una fruta o una verdura, las enseñanzas de la invención son igualmente aplicables a otros tipos de muestras tales como materiales o productos de reciclado, materiales o productos de madera, metales, un tejido biológico,  
30 textiles, plásticos, fármacos o medicinas, minerales, etc. siendo esta lista no limitativa.

El alcance de la presente invención se define en el siguiente conjunto de reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema de inspección por luz de la superficie e interior de una muestra, comprendiendo el sistema:

5 una fuente de luz (10) configurada para generar un haz de luz (LB) que tiene un espectro de banda ancha con una potencia óptica dada para incidir sobre una muestra (1) localizada a una distancia dada, comprendiendo dicha muestra (1) unos coeficientes de translucidez y absorción dados; una unidad de captura de luz; un sistema de captura de imagen (20) configurado para obtener una imagen de dicha muestra (1) tras dicha incidencia, comprendiendo dicho sistema de captura de imagen (20) un espejo parabólico (21) con un orificio, permitiendo dicho espejo parabólico (21):

15 el paso del haz de luz (LB) hacia la muestra (1) a través del orificio, la redirección del componente de luz dispersado de la muestra (1) hacia dicha unidad de captura de luz y la eliminación de la luz procedente de la reflexión directa en la muestra (1) a través de dicho orificio;

20 incluyendo dicha unidad de captura de luz una agrupación de fibras bifurcadas (15) que tienen un extremo común y que comprenden una fibra central (17) y al menos una fibra externa (16), situándose dicha fibra central (17) para recibir la luz dispersada al menos desde la superficie (1S) de la muestra (1) y situándose dicha al menos una fibra externa (16) a una distancia dada de la fibra central (17) para recibir exclusivamente la luz dispersada desde el interior (11) de la muestra (1); y

25 un sistema de medición (30) configurado para medir una potencia y/o un espectro recogido independientemente en la fibra central (17) y en la al menos una fibra externa (16), en el que dicha imagen de la muestra (1) se obtiene en un plano transversal del extremo común de la agrupación de fibras bifurcadas (15).

2. El sistema de la reivindicación 1, en el que dicho sistema de medición (30) incluye un espectrómetro (31) y un dispositivo de medición de potencia (32) adaptado cada uno para medir dicha potencia y dicho espectro en la fibra central (17) y en la al menos una fibra externa (16) independientemente.

30 3. El sistema de la reivindicación 1, en el que la fuente de luz (10) comprende una de entre:

35 una fuente de luz láser supercontinua que comprende una longitud de onda de luz entre 450 y 2400 nm; una fuente supercontinua mejorada visible que comprende una longitud de onda de luz por debajo de 450 nm; o un láser supercontinuo basado en fibras de cristal fotónico de vidrio blando que proporcionan intervalos de emisión desde 2 μm a 13 μm.

4. El sistema de la reivindicación 1, en el que la fuente de luz (10) comprende una fuente de luz de múltiples longitudes de onda.

40 5. El sistema de la reivindicación 1, que comprende una pluralidad de fibras externas (16) en una formación anular alrededor de la fibra central (17).

45 6. El sistema de la reivindicación 5, en el que la pluralidad de fibras externas (16) se localizan a una misma distancia desde dicha fibra central (17).

7. El sistema de la reivindicación 6, en el que la pluralidad de fibras externas (16) comprende al menos tres fibras.

50 8. El sistema de las reivindicaciones 1 a 7, en el que el sistema de captura de imagen (20) comprende además un dispositivo óptico (22), localizado entre el espejo parabólico (21) y la muestra (1) y configurado para cambiar y orientar la dirección del haz de luz (LB) hacia la muestra (1), en el que el dispositivo óptico (22) comprende al menos uno de entre un espejo galvanométrico o un espejo rotativo poligonal.

55 9. El sistema de las reivindicaciones 1 a 8, en el que el espejo parabólico (21) es cóncavo y tiene una longitud focal de aproximadamente 101 milímetros con una configuración a 90°.

10. El sistema de la reivindicación 8, que comprende además uno o más filtros, localizados entre la fuente de luz (10) y el dispositivo óptico (22) y configurados para excitar la muestra (1) con luz de forma espectral arbitraria.

60 11. El sistema de la reivindicación 1 u 8, que comprende además uno o más filtros, localizados entre el espejo parabólico (21) y la agrupación de fibras bifurcadas (15) y configurados para seleccionar una longitud de onda de la luz dispersada desde la muestra (1).

65 12. El sistema de la reivindicación 1 u 8, que comprende además elementos dispersores, localizados entre el espejo parabólico (21) y la agrupación de fibras bifurcadas (15) y configurados para discriminar una longitud de onda de la luz dispersada desde la muestra (1).

13. Un método de inspección por luz de la superficie e interior de una muestra, que comprende:

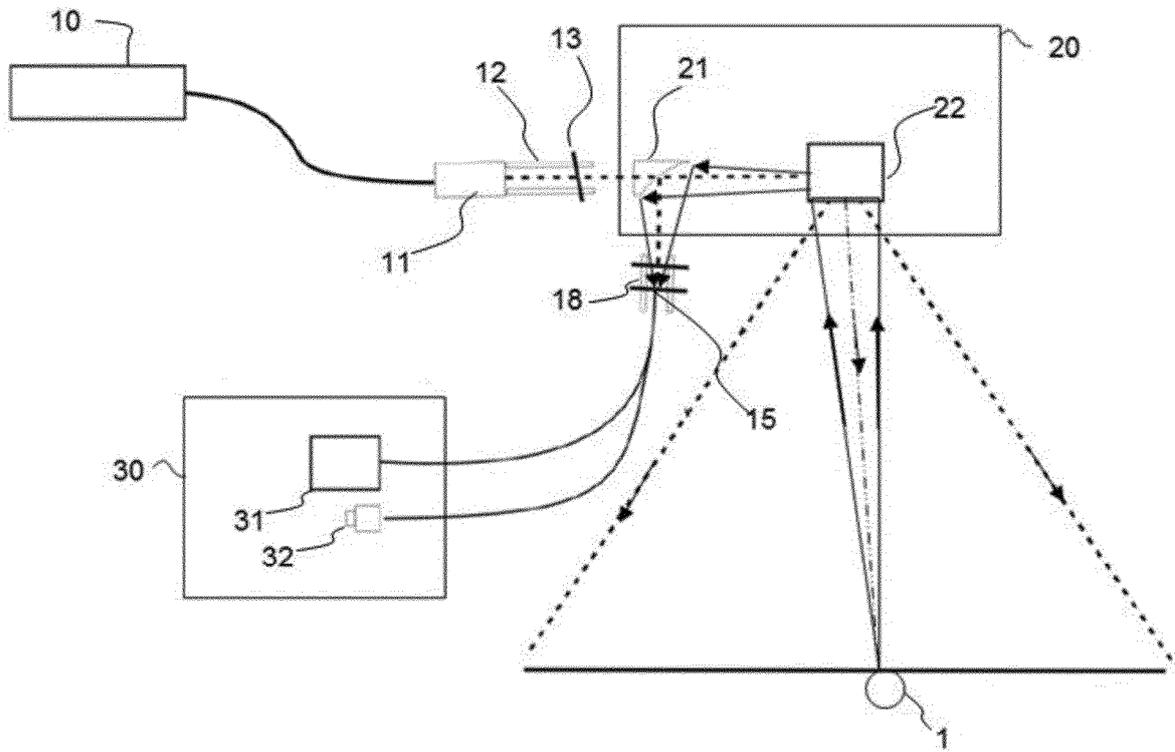
5 generar, por una fuente de luz (10), un haz de luz (LB) que tiene un espectro de banda ancha con una potencia óptica dada para incidir sobre una muestra (1) localizada a una distancia dada, comprendiendo dicha muestra (1) unos coeficientes de translucidez y absorción dados;

10 obtener, en un plano transversal de un extremo común de una agrupación de fibras bifurcadas (15), una imagen de dicha muestra (1) tras dicha incidencia mediante un sistema de captura de imagen (20) que comprende un espejo parabólico (21) con un orificio, permitiendo dicho espejo parabólico (21) el paso del haz de luz (LB) hacia la muestra (1) a través de dicho orificio; redirigir, mediante el espejo parabólico (21), un componente de luz dispersada de la muestra (1) hacia el extremo común de dicha agrupación de fibras bifurcadas (15), estando compuesta dicha agrupación de fibras bifurcadas (15) por una fibra central (17) y al menos una fibra externa (16); eliminar, mediante el espejo parabólico (21), la luz que llega por reflexión directa en la muestra (1) a través de dicho orificio;

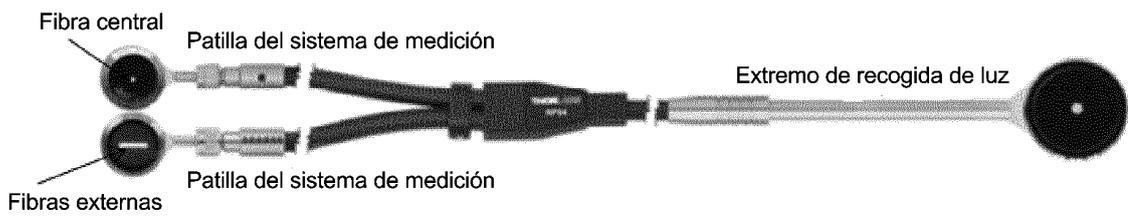
15 recibir luz dispersada al menos desde la superficie (1S) de la muestra (1) mediante dicha fibra central (17) de la agrupación de fibras bifurcadas (15); recibir luz dispersada exclusivamente desde el interior (11) de la muestra (1) mediante dicha al menos una fibra externa (16) de la agrupación de fibras bifurcadas (15); y medir, mediante un sistema de medición (30), una potencia y/o un espectro recogidos en la fibra central (17) y en la al menos una fibra externa (16) independientemente.

20

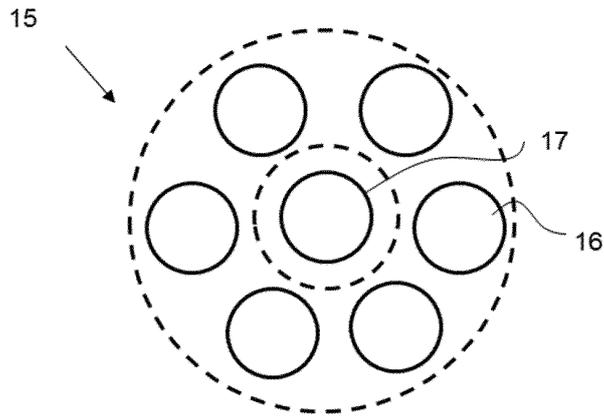
14. El método de la reivindicación 13, en el que la muestra (1) comprende al menos de un alimento, un material/producto de reciclado, un material/producto de madera, un metal, un tejido biológico, un textil, un plástico, un fármaco o un mineral.



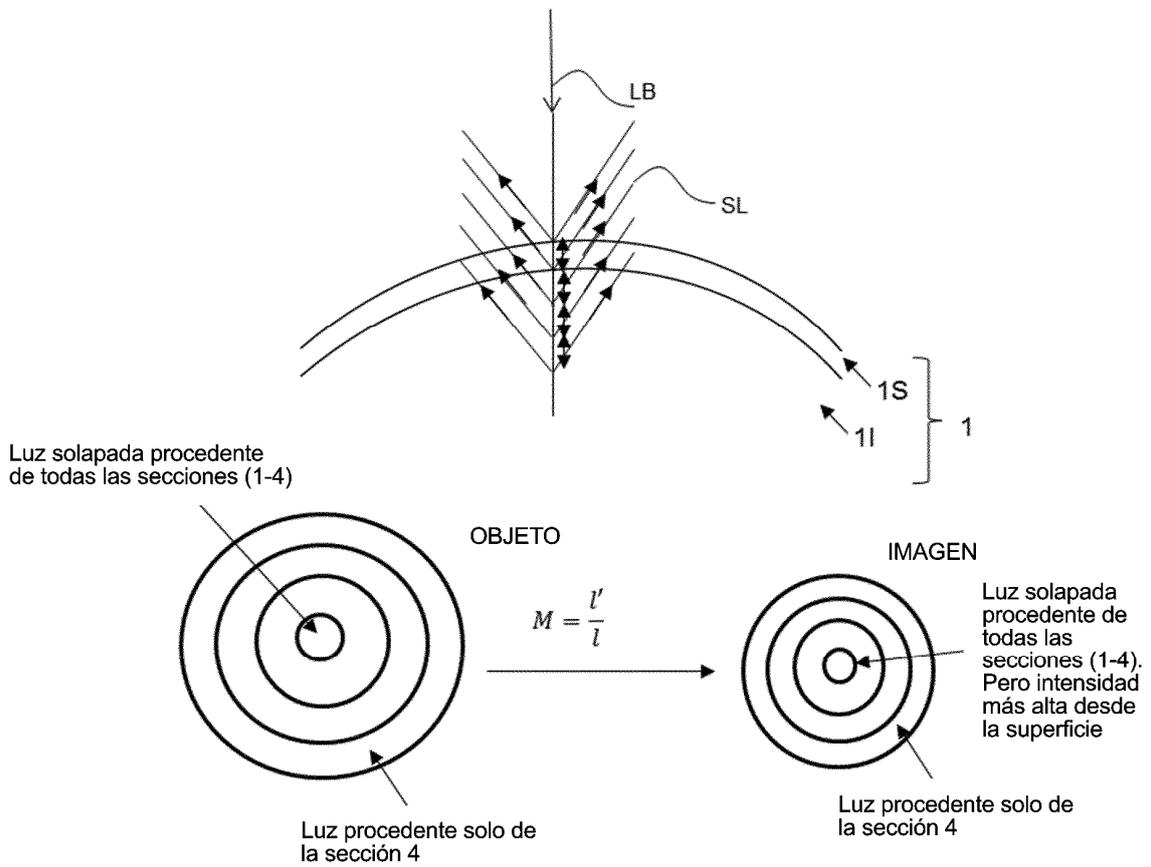
**Fig. 1**



**Fig. 2**



**Fig. 3**



**Fig. 4**

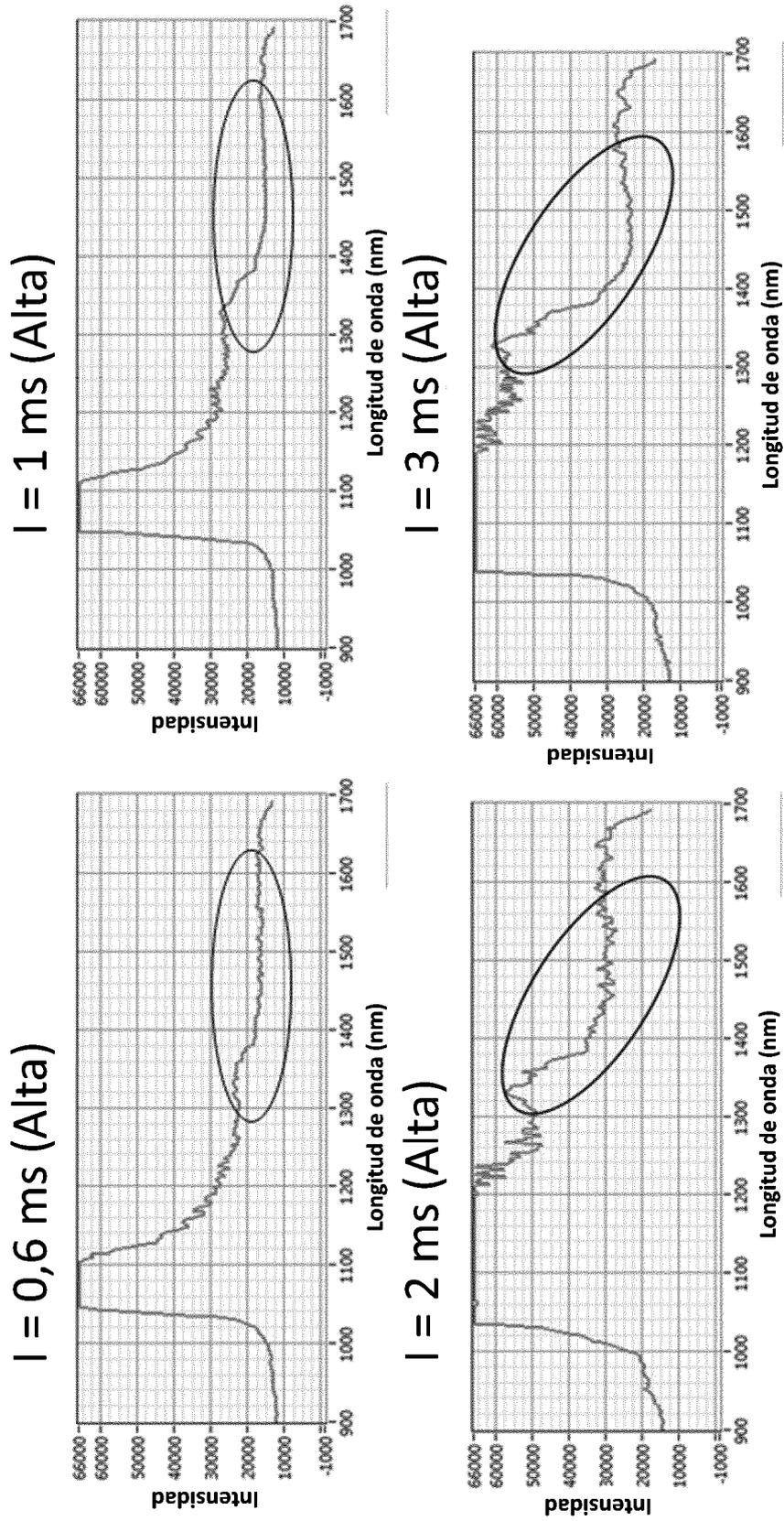


Fig. 5

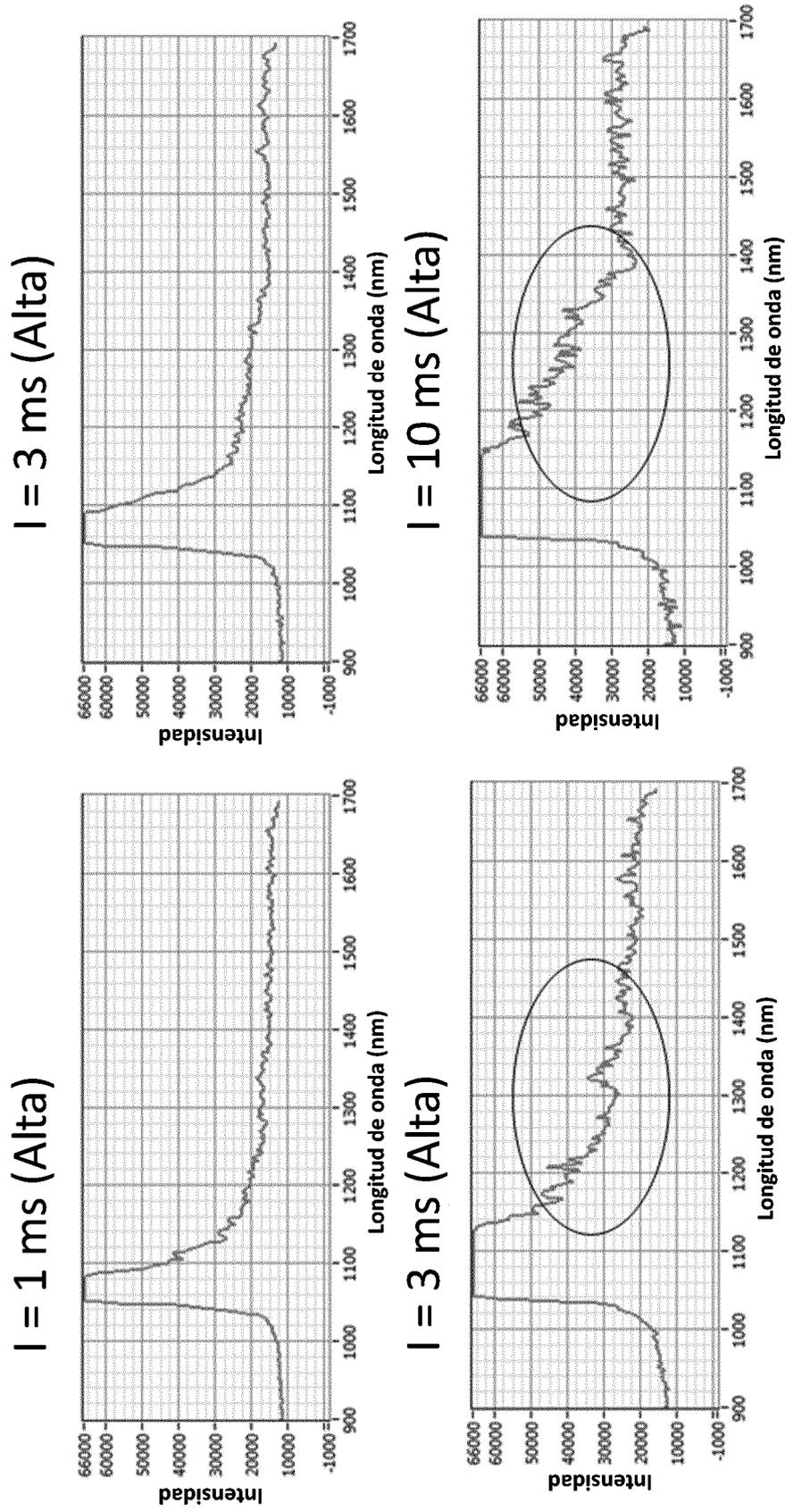
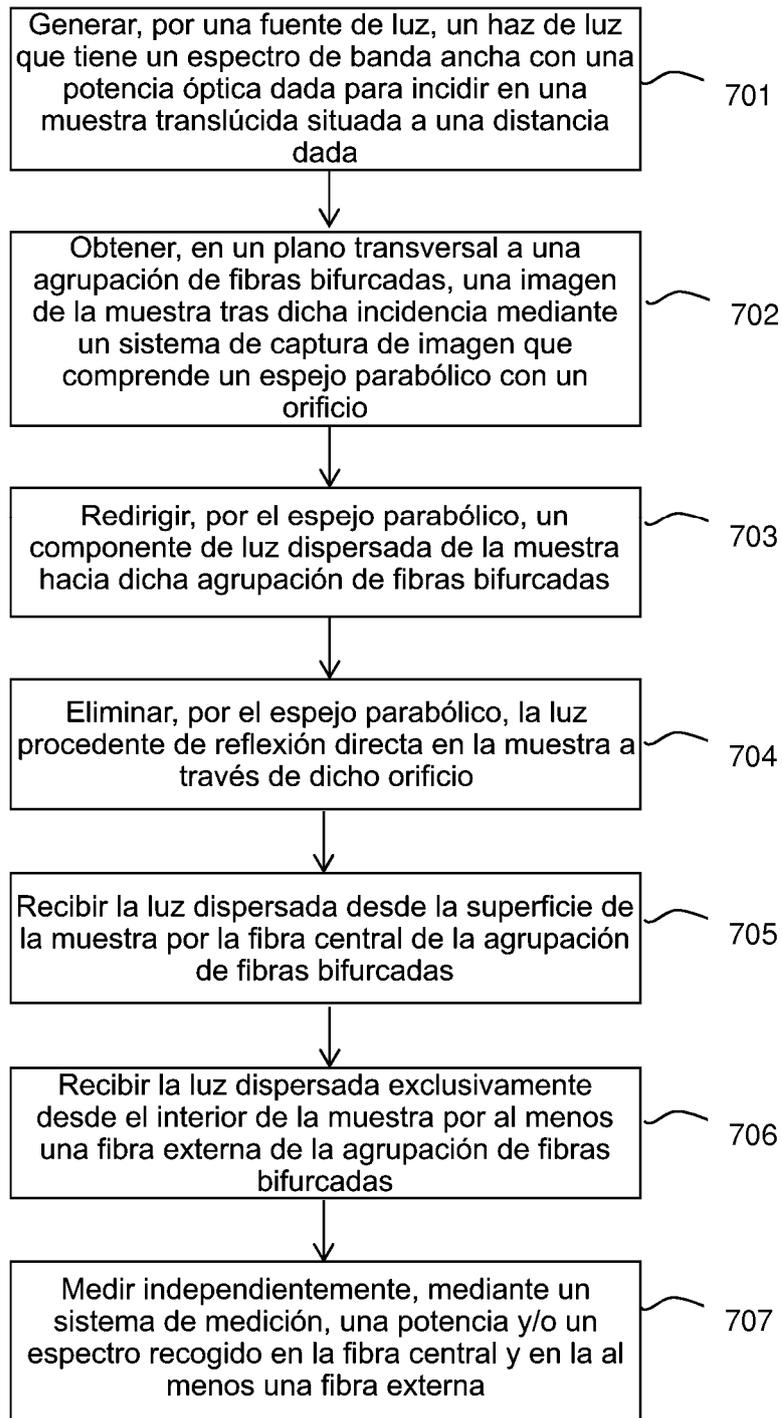


Fig. 6



**Fig. 7**