

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 817 438**

51 Int. Cl.:

**G01N 21/47** (2006.01)

**G01J 3/02** (2006.01)

**G01J 3/10** (2006.01)

**G01N 21/359** (2014.01)

**G01N 21/64** (2006.01)

**G01N 21/65** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.10.2018 E 18198458 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.06.2020 EP 3467478**

54 Título: **Un sistema óptico integrado para el examen de materiales de muestra**

30 Prioridad:

**04.10.2017 GB 201716193**

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

**07.04.2021**

73 Titular/es:

**IRIS TECHNOLOGY SOLUTIONS SL (100.0%)  
Av. Carl Friedrich Gauss N°11, PMT - Edf. B6 - 1ª  
PL.  
08860 Castelldefels (Barcelona), ES**

72 Inventor/es:

**ROSALES, ALEJANDRO;  
KEHOE, TIMOTHY y  
GARRICK, MEABH**

74 Agente/Representante:

**SALVÀ FERRER, Joan**

ES 2 817 438 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

Un sistema óptico integrado para el examen de materiales de muestra

5 La presente invención se refiere a un sistema óptico capaz de examinar un material de muestra. Más particularmente, la presente invención se refiere a un sistema óptico compacto que combina un sistema de suministro de luz y un sistema de recolección de luz a lo largo de un eje común que se puede utilizar para examinar materiales de muestra en un rango de distancias de trabajo de muestra y de formas de superficie de material de muestra.

## 10 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

15 Las técnicas de monitoreo óptico requieren como base que luz de propiedades conocidas se suministre a una muestra y se recoja de esta. Si se conocen las propiedades de la luz, tales como intensidad, firma espectral o polarización, antes del suministro a la muestra, y si alguna porción de la luz interactúa con la muestra, y se recoge ya sea por reflexión, transmisión o fluorescencia, para que pueda analizarse, entonces los cambios en las propiedades de la luz pueden proporcionar información sobre la naturaleza de la muestra. Estos cambios en las propiedades de la luz se deben a su interacción con la muestra, por lo que, mediante el análisis apropiado de la luz y la modelización de la interacción de la luz y la materia, se puede descubrir información útil sobre las propiedades físicas y químicas de la muestra, tales como su composición material, sus dimensiones y su estructura interna y externa.

20 Existen muchas técnicas para estudiar la materia mediante interacciones ópticas, incluyendo absorción, fluorescencia y espectroscopía Raman, elipsometría, interferometría y reflectometría. Lo que es común a todas las técnicas es el requisito de suministrar eficientemente luz de propiedades conocidas, en un campo de iluminación definido, a la muestra, de modo que se maximice la interacción de la luz con la muestra y se recoja la luz reflejada o transmitida resultante de la muestra con una eficiencia óptima. A lo largo de muchas décadas se han diseñado instrumentos de múltiples tipos para este fin.

25 En general, cuando se desea estudiar las propiedades químicas de una muestra, es beneficioso recolectar luz que se ha difundido al menos parcialmente a través de la muestra, tal como luz reflejada, transmitida o emitida de forma difusa (fluorescencia), en lugar de luz que se ha reflejado directamente desde la superficie o interfaces ópticas de la muestra, tal como luz reflejada de forma especular.

30 Para los fabricantes de instrumentos, especialmente en el desarrollo de instrumentos para su uso en aplicaciones móviles o portátiles o aplicaciones en línea en líneas de procesamiento existentes, por ejemplo, líneas de procesamiento de alimentos que tienen algunas limitaciones en términos de espacio disponible, es beneficioso reducir el tamaño del dispositivo tanto como sea posible, y operar el dispositivo completo desde una sola ubicación y cara de la muestra. Por esta razón, la configuración de reflexión compacta es la más favorecida. El principal desafío es combinar la óptica de suministro de luz y la óptica de recolección de luz más eficientes en la misma región del espacio, evitando al mismo tiempo que la luz reflejada de forma especular de la óptica de suministro de luz se recolecte directamente, sin ninguna interacción con la muestra. Por lo tanto, garantizar que la señal recolectada se componga principalmente de luz que ha interactuado con el material de muestra.

35 También es importante que los fabricantes de instrumentos garanticen que los instrumentos ópticos suministren luz a la muestra en un campo de iluminación que proporcione suficiente luz a la muestra para producir una medición precisa de los parámetros de interés, con una fuerte relación señal/ruido. En el caso de las mediciones en línea, por ejemplo, en un sistema en línea de procesamiento de alimentos, donde la posición y orientación del material de muestra puede cambiar debido a los sistemas de traslado o transporte, y en el caso de los materiales de muestra que tienen un amplio intervalo de formas de superficie y composición a granel, tales como productos alimenticios, minerales naturales y materiales de reciclaje, es beneficioso proporcionar un campo de iluminación que tenga un alto grado de consistencia en una gran área e intervalo de distancias de trabajo.

40 El documento US6760613 describe un sistema óptico para el examen de una muestra. El sistema utiliza un sistema óptico sustancialmente monostático y sustancialmente confocal que comprende ópticas de transmisión que enfocan una luz de iluminación sobre la muestra y ópticas de recepción que recolectan luz reflejada de la muestra luego de la iluminación. Sin embargo, una desventaja del sistema presentado en el documento US6760613 es la compleja fabricación de una lente de recolección con una abertura central para alojar la óptica de suministro. La lente es un elemento óptico especializado que requiere un procedimiento de fabricación complejo y costoso. Además, una desventaja de este sistema es la eficiencia de transferir la luz recolectada sobre una gran abertura numérica a la óptica de entrada del espectrómetro, que son típicamente de una abertura numérica (AN) baja y una abertura espacial estrecha. Otra limitación es que el sistema tiene una distancia de trabajo estrechamente definida proporcionada por el enfoque común de las lentes de suministro y recolección de luz.

45 En el documento WO 2014/121389 se describe otro sistema diseñado para el suministro y recolección de luz de una muestra de prueba mediante una sonda de fibra óptica. La sonda comprende un primer y un segundo sistema óptico, una guía de luz de suministro que comprende al menos una fibra óptica para transmitir radiación de excitación de una

fuelle de radiación dispuesta en un extremo proximal de la guía de luz al primer sistema óptico. Sin embargo, la sonda descrita en el documento WO 2014/121389, de manera similar al sistema del documento US6760613 requiere la fabricación de una lente de recolección con una abertura central para alojar la óptica de suministro, lo que requiere un procedimiento especializado y altamente complejo. Además, la sonda del documento WO 2014/121389 está diseñada para iluminar la muestra de prueba en un intervalo estrecho de ángulos, lo que limita la interacción de la luz con el volumen del material de muestra. El sistema tiene una distancia de trabajo definida estrechamente proporcionada por el plano focal de la lente de recolección.

El documento US7671985 describe un sistema de análisis que utiliza un reflector elipsoidal para suministrar luz a un punto pequeño. Este diseño tiene una alta eficiencia en el suministro de luz e ilumina en un amplio intervalo de ángulos, gracias a la gran apertura numérica del elipsoide. La fuente de luz se encuentra en el primer foco del elipsoide, y la luz reflejada de la superficie del elipsoide se recombina en el segundo foco. La luz que se refleja o se emite difusamente desde la muestra se redirige por un segundo reflector a la cara de entrada de una fibra óptica, mediante la cual se suministra a un espectrómetro para su análisis. El segundo reflector que recolecta la luz difusamente reflejada o emitida está situado a lo largo del eje óptico del reflector elipsoidal. Esta es una forma novedosa de combinar coaxialmente las ópticas de suministro y recolección de luz, similar en principio a los dos diseños mencionados anteriormente, pero sin el desafío de fabricación de cortar aberturas en lentes. Dado que el reflector recolector de luz está situado a lo largo del eje óptico del reflector de suministro de luz, se bloquea una determinada cantidad de luz de la fuente. Sin embargo, los rayos de luz reflejados desde otras partes de la superficie del reflector elipsoidal se combinan para crear un punto brillante en el segundo foco del elipsoide, que es el punto de muestreo. Sin embargo, a distancias mayores o menores que la distancia focal, la sombra de la óptica de recolección está presente en el haz de luz de iluminación. La óptica de recolección consiste en un espejo elipsoidal, y está diseñada para que el primer foco de la óptica de recolección también esté en el punto de muestreo, mientras que su segundo foco está en la faceta de entrada de la fibra óptica. Este sistema es capaz de generar un punto de muestreo muy bien definido, a una distancia focal fija, de modo que las muestras puedan analizarse con una resolución espacial inferior a 1 mm. Este tipo de sistema es adecuado para el análisis localizado, especialmente para probar dentro de regiones localmente uniformes de una muestra con composición heterogénea. Sin embargo, si se desea realizar una medición que sea representativa de una muestra heterogénea completa, o región extendida de una muestra, entonces es necesario realizar muchas mediciones desde diferentes ubicaciones y formar un promedio estadístico, que requiere un procedimiento de medición largo inadecuado para muchas aplicaciones, por ejemplo, las de análisis en línea. Una limitación adicional del sistema descrito es que se requiere que la superficie de la muestra sometida a prueba se posicione a la distancia focal, que es la distancia focal común de los dos reflectores elipsoidales - para un suministro y recolección de luz eficaz. Si la superficie de la muestra no está a la distancia focal, entonces el campo de iluminación tiene una región oscura en su centro debido a la obstrucción del sistema óptico de recolección, lo que conduce a un análisis menos preciso del material de la muestra.

Se describe otro sistema óptico, en el documento EP1269153, mediante el cual las ópticas de suministro y recolección de luz se combinan colocando una lente de colimador de fibra óptica delante de un reflector parabólico. Esto es similar al diseño descrito en el documento US7671985, ya que se utiliza un reflector de gran Apertura Numérica (AN) para el suministro de la fuente de luz a la muestra. La luz del reflector está parcialmente bloqueada por la óptica de recolección, que es un colimador de fibra óptica, posicionado frente a él a lo largo de un eje óptico común. En el caso de este diseño, el reflector produce un haz colimado, de modo que la sombra de la óptica de recolección está presente en el haz a todas las distancias, incluso en la superficie de la muestra, de modo que el campo iluminado es anular. Este no es un patrón de iluminación ventajoso para la mayoría de las técnicas de monitoreo óptico porque la ubicación desde la cual se recolecta la señal no se ilumina directamente, y la señal recolectada resultante tiene una baja intensidad. Sin embargo, esto es ventajoso para determinadas aplicaciones tales como la espectroscopía NIR (siglas en inglés de infrarrojo cercano) de interacción, que requiere que la región iluminada (anular) esté separada de la región de recolección de luz, estando el círculo dentro del espacio anular. Esta disposición garantiza que la luz recolectada para el análisis se haya difundido a través de la mayor parte del volumen de la muestra, en lugar de reflejarse desde su región superficial. Es particularmente útil para evaluar el material debajo de una capa de envasado o piel natural, tal como se encuentra en la fruta, que es la aplicación prevista de la presente invención.

#### EXPOSICIÓN DE LA INVENCÓN

Un objetivo de la presente invención es proporcionar un sistema óptico que supere las desventajas de la solución de la técnica anterior mediante la integración de un sistema de suministro de luz y un sistema de recolección de luz a lo largo de un eje común, mientras evita la recolección de luz reflejada de forma especular, que se ha reflejado desde la superficie de la muestra sin ninguna interacción con la muestra.

Otro objetivo de la presente invención es proporcionar un sistema óptico capaz de suministrar luz a un material de muestra en un amplio intervalo de ángulos, para aumentar la interacción de la luz con el material, siendo el sistema de recolección de luz capaz de maximizar la recolección de luz difusamente reflejada o emitida del material de muestra.

Otro objetivo de la presente invención es proporcionar un sistema óptico con un campo de iluminación amplio, con una forma circular sustancialmente uniforme y que es continuo en un intervalo de distancias de trabajo, para permitir la

recolección de luz difusamente reflejada o emitida de materiales de muestra no homogéneos con diferentes composiciones y topografías de superficie, por ejemplo, no planas, parcialmente transparentes o con una posición de superficie variable con respecto al sistema óptico. Estos tipos de materiales de muestra no homogéneos y de forma irregular pueden encontrarse comúnmente en productos naturales, incluidos alimentos, minerales, polvos, semilíquidos, líquidos, suspensiones, materiales granulados, triturados y compuestos.

Los objetivos anteriores se logran según la presente invención con un sistema óptico que muestra las características de la reivindicación 1.

Más específicamente, la presente invención proporciona un sistema óptico capaz de suministrar y recolectar luz de un material de muestra. El sistema óptico comprende un sistema de suministro de luz que comprende un elemento óptico de suministro de luz de una primera abertura numérica que tiene un primer eje óptico. El elemento óptico de suministro de luz está configurado para dirigir la luz de una fuente de luz a un material de muestra posicionado a lo largo del primer eje óptico. El sistema óptico está provisto de un sistema de recolección de luz que comprende un elemento óptico de recolección de luz de una segunda abertura numérica con un segundo eje óptico. El elemento óptico de recolección de luz está configurado para recolectar luz difusamente reflejada o emitida desde una superficie del material de muestra iluminado y para transferir la luz recolectada a un dispositivo de análisis. Según la presente invención, el sistema de recolección de luz comprende un dispositivo óptico de desplazamiento de luz que comprende un elemento óptico de desplazamiento de luz configurado para transferir al menos una porción de la luz difusamente reflejada o emitida desde una superficie del material de muestra al elemento óptico de recolección de luz. El dispositivo óptico de desplazamiento de luz comprende un elemento de protección que rodea, al menos parcialmente, el elemento óptico de desplazamiento de luz. El elemento de protección comprende una primera abertura, a través de la cual la luz difusamente reflejada o emitida desde una superficie del material de muestra entra en el elemento óptico de desplazamiento de luz, y una segunda abertura, a través de la cual la luz difusamente reflejada o emitida ingresada a través de la primera abertura sale del elemento óptico de desplazamiento de luz y se transfiere al elemento óptico de recolección de luz. Cabe señalar que el sistema de la presente invención puede examinar diferentes tipos de materiales de muestra, que pueden interactuar de manera diferente con la luz. Por ejemplo, según realizaciones de la presente invención, los materiales de muestra que pueden examinarse con el sistema de la presente invención pueden incluir aquellos que están configurados para reflejar difusamente la luz, tal como materiales granulados o en polvo, o que emiten luz, por ejemplo, en el caso de materiales fluorescentes tales como micotoxinas en productos alimenticios.

Se ha descubierto que proporcionar un sistema óptico según la presente invención tiene la ventaja de que la interacción de la luz con el material de muestra aumenta significativamente. Como resultado, la luz recolectada del material de muestra se reflejará o emitirá principalmente de forma difusa (por ejemplo, en el caso de un material de muestra fluorescente), es decir, contendrá principalmente la componente de luz que ha interactuado con el material de muestra, lo que conduce a un aumento en el rendimiento del sistema óptico y la precisión de los resultados obtenidos del análisis. Además, con el uso de un elemento de protección, se asegura que la luz de la óptica de suministro o de la fuente de luz que no ha interactuado con el material de muestra, es decir, transferida directamente, esté bloqueada para impedir que sea recolectada por la óptica de recolección de luz. Al eliminar la transferencia directa de luz de la óptica de suministro de luz o de la fuente de luz a la óptica de recolección de luz, se asegura que la luz recolectada por la óptica de recolección de luz se componga principalmente de luz que ha interactuado con el material de muestra, es decir, luz difusamente reflejada o emitida, lo que conduce a un aumento adicional en la precisión de los resultados obtenidos y en el rendimiento del sistema. Adicionalmente, la provisión de un elemento óptico de desplazamiento de luz tiene la ventaja de que los sistemas de suministro de luz y recolección de luz se pueden posicionar de forma compacta entre sí a lo largo de un eje común, lo que conduce a una reducción significativa en el factor de forma y el costo de fabricación del sistema óptico, lo que lo hace ideal para su uso en aplicaciones de análisis móviles, portátiles y en línea.

Según unas realizaciones de la presente invención, el dispositivo óptico de desplazamiento de luz comprende un elemento de bloqueo configurado para desviar del eje óptico del elemento óptico de suministro de luz una parte central de la luz dirigida al material de muestra. Por ejemplo, el elemento de bloqueo puede colocarse en una ubicación entre la fuente de luz y el material de muestra. Preferentemente, el elemento de bloqueo puede colocarse entre la fuente de luz y el dispositivo de desplazamiento de luz. Según unas realizaciones de la presente invención, el elemento de bloqueo puede estar hecho de un rango de materiales que son opacos, cromáticamente neutros y resistentes al calor, por ejemplo, aluminio, acero y similares. Según realizaciones de la presente invención, el elemento de bloqueo puede proporcionarse para ser más grande que la abertura de recolección de luz del elemento óptico de desplazamiento de luz.

La provisión del elemento de bloqueo minimiza la recolección de luz reflejada de forma especular desde una superficie del material de muestra por parte del sistema de recolección de luz. Evitar la recolección de la reflexión especular puede lograrse, colocando el elemento de bloqueo, de manera que pueda bloquear alejando del primer eje óptico la luz generada por los ángulos de incidencia del sistema de suministro de luz que están cerca del primer eje óptico. De esta manera, se evita que los rayos paraxiales de luz que están cerca y casi paralelos al primer eje óptico alcancen el material de muestra, minimizando así la transferencia de luz reflejada de forma especular a la óptica de recolección. El bloqueo eficaz de los rayos paraxiales puede lograrse dimensionando y posicionando el elemento de bloqueo de

manera que sea lo suficientemente grande para bloquear un ángulo sólido de rayos de la fuente de luz que se reflejarían en el ángulo de aceptación sólido del sistema de recolección de luz, a partir de un perfil de superficie de muestra particular. Al mismo tiempo, para garantizar la iluminación máxima de la muestra, el elemento de bloqueo debe ser lo suficientemente pequeño como para permitir que una porción de la luz dirigida desde el sistema de suministro de luz incida sobre la muestra, asegurando así la iluminación del material de muestra sobre un área extendida de iluminación. Al proporcionar el elemento de bloqueo, los ángulos de la luz incidente y los ángulos de la luz reflejada de forma especular desde una superficie plana del material de muestra se separan de los ángulos de la luz recolectada. Esto asegura que la luz predominantemente difusamente reflejada o emitida se recolecte para el análisis, lo que mejora la precisión de la medición para un intervalo de aplicaciones como la absorbancia o la espectroscopía de fluorescencia.

Según realizaciones de la presente invención, el elemento de bloqueo puede estar provisto de una forma circular para evitar que los rayos paraxiales lleguen a una superficie del material de muestra. Cabe señalar que formas no circulares podrían servir como elemento de bloqueo. Por ejemplo, para determinadas superficies de curvatura conocida, se puede preferir el uso de formas de bloqueo no circulares para eliminar la luz reflejada de forma especular de la abertura de recolección de luz.

Según unas realizaciones de la presente invención, el sistema óptico comprende un elemento difusor, que se coloca delante del elemento óptico de suministro de luz, de modo que la luz suministrada a la muestra tiene una distribución angular mayor que el cono de iluminación del elemento óptico de suministro de luz. El elemento de difusión puede estar hecho de un material transparente, por ejemplo, vidrio, dispuesto para distribuir la luz suministrada al material de muestra por la óptica de suministro de luz sobre un área extendida de iluminación, que puede ser más amplia que el área de iluminación de la óptica de suministro de luz.

Se ha descubierto que el suministro del elemento difusor puede asegurar que la luz suministrada a la muestra tenga una distribución angular mayor que el cono de iluminación del elemento óptico de suministro de luz. Como resultado, el campo de iluminación en la posición focal se distribuye sobre un área circular centrada en el eje óptico. Otra característica de la luz suministrada a través de un elemento de difusión es que el campo de iluminación es continuo a otras distancias a lo largo del eje óptico de suministro, delante y detrás de la posición focal, de modo que la región sombreada normalmente presente a estas distancias debido al elemento de protección y el sistema óptico de recolección, se ilumina mediante parte de la porción dispersa de la luz suministrada. El elemento de difusión de la luz no cambia la naturaleza espectral de la luz que finalmente entra en el sistema óptico de recolección. Adicionalmente, se ha encontrado que el uso de un elemento de difusión para dispersar la luz suministrada es ventajoso para generar un campo de iluminación amplio y continuo en un intervalo de distancias de trabajo. El uso de un sistema óptico de recolección enfocado en el infinito en combinación con estos elementos de suministro de luz garantiza que la luz difusamente reflejada o emitida de un nivel de señal útil pueda recogerse de muestras con un intervalo de distancias de trabajo, alturas de superficie, topografías y transparencias. También se ha descubierto que el uso de iluminación parcialmente difusa y óptica de recolección enfocada en el infinito es ventajoso en el análisis de materiales compuestos, porque una sola medición es suficiente para recoger la luz reflejada o emitida desde una gran área de la muestra, que comprende contribuciones de un conjunto representativo de los materiales presentes en la muestra. Esto aumenta el intervalo de tipos de materiales, topografías y distancias de trabajo a lo largo de las cuales el sistema puede utilizarse eficazmente. Por ejemplo, se puede colocar un elemento de difusión transparente delante de la óptica de suministro de luz y detrás de la abertura de entrada de la óptica de recolección de luz.

Según realizaciones de la presente invención, la óptica de recolección de luz puede enfocarse en el infinito. Esto asegura que la luz puede recolectarse desde cualquier distancia a lo largo del eje óptico y transferirse al dispositivo de análisis. Además, esta configuración asegura que la luz difusamente reflejada o emitida puede recolectarse de una muestra cuya superficie se posiciona dentro del intervalo de distancias sobre las cuales el sistema óptico de suministro proporciona un campo continuo de iluminación.

Según realizaciones de la presente invención, la primera abertura numérica del elemento óptico de suministro de luz es mayor con respecto a la segunda abertura numérica del elemento óptico de recolección de luz.

Se ha descubierto que la abertura numérica del elemento óptico de suministro de luz asegura que una gran porción de la luz emitida de la fuente de luz, por ejemplo, una bombilla, se suministra a la muestra, en un amplio intervalo de ángulos de incidencia para maximizar el volumen efectivo de la muestra maximizando los rayos dispersos internamente que llegan al área de recolección de la superficie del material de muestra. La combinación de un elemento óptico de suministro de luz de gran apertura numérica con un elemento de difusión, como se describió anteriormente, garantiza que la luz que suministra la óptica de suministro ilumine un área extendida. Por otro lado, un elemento óptico de recolección de luz de abertura más pequeña que se enfoca en el infinito se proporciona con un campo de visión que es más pequeño que el área iluminada por el sistema óptico de suministro de luz. Esto asegura que la luz se recolecte de una región dentro del área iluminada por la óptica de suministro de luz. La abertura numérica de la óptica de recolección de luz está diseñada para que la luz dispersada del material de muestra pueda transferirse directamente a los canales de entrada de los dispositivos de análisis de manera eficiente a través de una fibra óptica y sin necesidad de proporcionar componentes adicionales.

Según unas realizaciones de la presente invención, el sistema óptico comprende un espaciador dispuesto de manera que cuando una superficie frontal del elemento espaciador está en contacto con una superficie del material de muestra, la posición de la superficie del material de muestra se encuentra aproximadamente a la distancia focal del sistema de suministro de luz. Por ejemplo, el sistema de la presente invención puede incluir un elemento espaciador mecánico, que puede comprender en algunas realizaciones un cilindro de extremo abierto, hecho de metal o polímero, que posiciona la superficie de muestra aproximadamente a la distancia focal de la óptica de suministro de luz, cuando la superficie frontal del elemento espaciador está en contacto con la superficie de muestra. El espaciador puede unirse de forma amovible al instrumento mediante sujetadores u otras formas, por ejemplo, atornillado o enganchado en el sistema óptico. En otras realizaciones, el instrumento puede colocarse, cuando está en uso, sobre el espaciador, sin estar unido.

Según realizaciones de la presente invención, el elemento óptico de recolección de luz se coloca en una ubicación más allá de un perímetro del elemento óptico de suministro de luz. De esta manera, es posible combinar los sistemas ópticos de suministro y recolección en la misma región del espacio, al tiempo que se elimina la transferencia directa de luz de una óptica a la otra. Como resultado, el factor de forma del sistema óptico de la presente invención se puede reducir aún más, mientras se maximiza el rendimiento analítico del sistema óptico.

Según la presente invención, el elemento óptico de suministro de luz es un reflector de luz. Por ejemplo, el reflector puede ser un espejo u otro elemento que tiene una superficie reflectante, que está configurado para reflejar la luz emitida desde la fuente de luz en una dirección determinada en un intervalo de ángulos de incidencia.

Según realizaciones de la presente invención, el reflector de luz puede ser un reflector elipsoidal configurado para transferir la luz generada a partir de una fuente de luz posicionada en uno de sus focos a su otro punto focal. Al proporcionar un reflector elipsoidal, se asegura que la luz converja y forme un campo continuo de iluminación, a pesar del elemento de bloqueo, a una distancia suficiente de la fuente de luz. Las dimensiones de la elipse que define el perfil del reflector, incluidas las distancias focales, se pueden ajustar para suministrar luz de manera más eficiente a una muestra a distancias de trabajo más cortas o más largas.

Según otra realización de la presente invención, el reflector de luz puede ser un reflector parabólico configurado para transferir luz generada a partir de una fuente de luz al material de muestra en forma de un haz colimado. En este caso, la inclusión de un elemento difusor dará como resultado la iluminación de las regiones paraxiales sombreadas en la superficie de la muestra a una distancia suficiente de la fuente de luz. El uso de un reflector parabólico puede ser preferible para aplicaciones que requieren una distancia de trabajo larga o variable a la muestra de interés.

Según realizaciones de la presente invención, el elemento difusor es un difusor de vidrio transparente. Según otras realizaciones de la invención, la difusión puede introducirse en el haz que se suministra a la muestra mediante un tratamiento superficial de la superficie del reflector, tal como abrasión para producir una estructura escalada de micrómetros, o mediante facetado para producir una serie de secciones de haz desplazadas. En otra realización, la divergencia se introduce en el haz mediante el desplazamiento del filamento de la bombilla desde el foco del reflector. Otras realizaciones pueden comprender una combinación de algunas de estas características para producir la divergencia deseada en la luz suministrada a la muestra.

Según realizaciones de la presente invención, el elemento óptico de recolección de luz es una lente de colimador. La lente de colimador, tal como se describió anteriormente, tiene una abertura numérica menor en comparación con la abertura numérica del elemento óptico de suministro de luz. Como resultado, la luz difusamente reflejada o emitida desde el material de muestra puede enfocarse a un haz de propiedades predeterminadas que puede transferirse directamente a los canales de entrada de control de los dispositivos de análisis sin necesidad de proporcionar componentes adicionales para realizar la conversión.

Según la presente invención, el elemento óptico de desplazamiento de luz es un prisma que tiene un perfil de sección transversal romboidal. Con el uso de un prisma, la luz difusamente reflejada o emitida desde el material de muestra, por ejemplo, al menos una porción de la luz difusamente reflejada o emitida, puede transferirse al eje óptico del elemento óptico de recolección de luz sin alterar la naturaleza de la luz recolectada. Cabe destacar que en sistemas ópticos que no se encuentran dentro del alcance de la reivindicación 1 se pueden usar otras formas de elementos ópticos de desplazamiento de luz para transferir la luz al elemento de recolección de luz. Por ejemplo, se puede utilizar al menos un elemento reflectante provisto de una superficie reflectante, tal como un espejo o un conjunto de espejos, en lugar de un prisma. El al menos un elemento reflectante puede colocarse de manera que reciba la luz reflejada o emitida de forma difusa desde el material de muestra y, en consecuencia, la transfiera directamente, o con el uso de al menos un segundo elemento reflectante, al elemento óptico de recolección de luz.

Según realizaciones de la presente invención, el elemento de protección puede proporcionarse en forma de una carcasa. El elemento de protección puede estar hecho de un material opaco, cromáticamente neutro y resistente al calor. Por ejemplo, la carcasa puede estar hecha de acero mecanizado o aluminio, que puede proporcionar soporte estructural, así como evitar la transferencia directa de luz. Como se discutió anteriormente, al evitar la transferencia

directa de luz de la fuente de luz al sistema de recolección de luz, el rendimiento analítico del sistema óptico puede mejorarse significativamente.

5 Según realizaciones de la presente invención, el elemento de protección puede proporcionarse en forma de una capa de recubrimiento aplicada en al menos una de las superficies del elemento óptico de desplazamiento de luz. La capa de recubrimiento puede estar hecha de un material que tiene características similares a las de la carcasa, es decir, opaco, cromáticamente neutro y resistente al calor. Por ejemplo, se puede aplicar una capa de recubrimiento metálico en al menos una de las superficies del dispositivo de desplazamiento de luz. La capa de recubrimiento metálico puede estar hecha de una cantidad de materiales tales como aluminio y similares. Se ha descubierto que proporcionar una  
10 capa de recubrimiento metálico como un elemento de protección tiene la ventaja de reducir los costos de factor de forma y fabricación del sistema óptico, ya que se puede integrar fácilmente con la óptica de desplazamiento de luz.

15 Según unas realizaciones de la presente invención, el sistema óptico comprende al menos una fibra óptica posicionada en una ubicación a lo largo del segundo eje óptico y dispuesta para recibir la luz recolectada por el elemento óptico de recolección de luz, la fibra óptica está configurada para transferir la luz recolectada a la óptica de entrada de un dispositivo de análisis para analizar el material de muestra. La fibra óptica puede ser parte del dispositivo de análisis y garantiza que la luz recolectada por el elemento de recolección de luz se transfiera eficientemente al dispositivo de análisis.

20 Según realizaciones de la presente invención, el sistema óptico puede integrarse en un instrumento para examinar un material de muestra. El instrumento puede configurarse para realizar un análisis de un material de muestra mediante interacciones ópticas, que incluyen espectroscopía NIR de absorción, espectroscopía de fluorescencia y espectroscopía Raman.

#### 25 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Los siguientes dibujos se proporcionan como un ejemplo de una realización inventiva para explicar y describir adicionalmente diversos aspectos de la invención.

30 La Figura 1 muestra un ejemplo de una configuración de sistema óptico según realizaciones de la presente invención.

La Figura 2 muestra la configuración del sistema óptico de la Figura 1 vista desde el eje principal.

35 Las Figuras 3 y 4 muestran configuraciones ejemplificadas del sistema óptico de la Figura 1 con muestras de topografía superficial y transparencia variables respectivamente según la presente invención.

Las Figuras 5 y 6 muestran configuraciones ejemplificadas de un sistema óptico según la presente invención.

40 La Figura 7 muestra una realización ejemplificada de un sistema óptico según la presente invención cuando se usa con un elemento espaciador según realizaciones de la presente invención.

#### DESCRIPCIÓN DETALLADA

45 La presente invención se dilucidará a continuación mediante las realizaciones ejemplificadas presentadas en las Figuras 1 a 7, que se describirán más detalladamente a continuación. Cabe señalar que cualquier referencia a las dimensiones es sólo indicativa y no restringe la invención de ninguna manera. Aunque esta invención se ha mostrado y descrito particularmente en referencia a ciertas realizaciones ilustradas de la misma, resultará evidente para los expertos en la materia que pueden realizarse diversos cambios en forma y detalles sin apartarse del alcance de la invención tal como se abarca en las reivindicaciones adjuntas. Cabe señalar que el sistema de la presente invención es capaz de examinar material de muestra con un intervalo de características y propiedades. Por ejemplo, el sistema óptico según realizaciones de la presente invención es capaz de examinar materiales de muestra con una superficie difusamente reflectante o una superficie emisora de luz, por ejemplo, en el caso de un material fluorescente. Por lo tanto, la presente invención no debe interpretarse como limitada al examen de un tipo específico de materiales de muestra.  
50

55 La Figura 1 muestra un ejemplo de un sistema óptico según realizaciones de la presente invención. El sistema óptico 100 comprende un sistema de suministro de luz y un sistema de recolección de luz posicionado a lo largo de un eje óptico 11. El sistema de suministro de luz está provisto de un elemento óptico de suministro de luz 1 en forma de un reflector que tiene una forma deseada, por ejemplo, que tiene una superficie elipsoidal. A modo de ejemplo, la sección transversal del reflector puede tener 60 mm de diámetro en su punto más ancho. El reflector está configurado para dirigir la luz emitida desde una fuente de luz 2 posicionada en su primer punto de enfoque, a al menos un material de muestra 4 posicionado en otro punto focal a lo largo del eje óptico 11 del reflector 1. El segundo punto focal puede ubicarse, como se muestra en la Figura 1, en una posición donde los rayos reflejados no dispersos 3 vuelven a converger. La Figura 1 muestra una realización donde múltiples materiales de muestra 4 se colocan a diferentes distancias del sistema óptico 100. A modo de ejemplo, la distancia entre los puntos focales del reflector puede ser de  
60  
65

aproximadamente 70 mm. El reflector 1 está provisto de una gran abertura numérica, que optimiza la interacción de la luz con el material de muestra 4, y por lo tanto mejora el rendimiento analítico del sistema óptico 100. Un difusor transparente 18 puede colocarse frente al elemento óptico de suministro de luz 1, lo que provoca que un haz colimado se disperse en un intervalo de ángulos 21, lo que provoca que el área de iluminación se amplíe en comparación con el campo de iluminación del reflector. El sistema de recolección de luz está provisto de un elemento óptico de recolección de luz 7 que tiene un segundo eje óptico 15 y una abertura numérica estrecha. Por ejemplo, el elemento óptico de recolección de luz 7 puede estar provisto de una abertura que tiene un diámetro de 8 mm. La pequeña abertura numérica, cuando se compara con la abertura del reflector, asegura que la luz difusamente reflejada o emitida 5 que se ha recolectado del material de muestra 4 se enfoca en un intervalo de ángulos que coinciden estrechamente con el ángulo de aceptación de la óptica de entrada del dispositivo de análisis. El sistema óptico 100 comprende un sistema de desplazamiento de luz provisto de un elemento óptico de desplazamiento de luz 6. El elemento óptico de desplazamiento de luz 6 está configurado para transferir al menos una porción de la luz 5 difusamente reflejada o emitida desde el material de muestra 4 después de la iluminación. Una vez que la luz 5 entra en el elemento óptico de desplazamiento de luz 6, se desplaza desde el primer eje óptico 11, es decir, el eje óptico del sistema de suministro de luz, al segundo eje óptico 15, de modo que la luz reflejada o emitida de forma difusa 5 desde el material de muestra 4 puede transferirse al elemento óptico de recolección de luz 7. El elemento óptico de desplazamiento de luz 6 es un prisma romboide, que por ejemplo tiene un lado de perfil cuadrado de 10 mm. En otro ejemplo, que no se encuentra dentro del alcance de la reivindicación 1, el elemento óptico de desplazamiento de luz 6 puede comprender al menos un elemento que tiene una superficie reflectante, por ejemplo, un espejo, que está configurado para transferir la luz difusamente reflejada o emitida desde el material de muestra 4, al segundo eje óptico 15 de modo que pueda ser recolectada por el elemento óptico de recolección de luz 7. El elemento óptico de desplazamiento de luz está al menos parcialmente cubierto o rodeado por un elemento de protección 13. El elemento de protección 13 está configurado para evitar que la luz que no ha interactuado, ya sea por reflexión o emisión, con el material de muestra 4, por ejemplo, luz reflejada especular o luz generada a partir de la fuente de luz 2, sea recolectada por el elemento óptico de recolección de luz 7. El elemento de protección 13 está provisto de una primera abertura 16, que permite que al menos una porción de la luz difusamente reflejada o emitida desde el material de muestra 4 ingrese al elemento óptico de desplazamiento de luz 6, y una segunda abertura 17, que permite que la luz difusamente reflejada o emitida 5 ingrese a través de la primera abertura 16 para salir del elemento óptico de desplazamiento de luz 6 y se transfiera al elemento óptico de recolección de luz 7. El elemento de protección 13 puede proporcionarse en forma de una carcasa opaca que cubre al menos parcialmente el elemento óptico de desplazamiento de luz 6. Por ejemplo, el elemento de protección 13 puede colocarse alrededor del elemento óptico de desplazamiento de luz 6. El elemento de protección 13 puede estar hecho de diferentes partes 9, 13 que se pueden conectar entre sí para cubrir al menos parcialmente el elemento óptico de desplazamiento de luz 6. El elemento de protección 13 también puede proporcionarse en forma de una capa de recubrimiento, por ejemplo, una capa de recubrimiento metálico, aplicada al menos parcialmente a al menos una de las superficies del elemento óptico de desplazamiento de luz 6. El elemento de protección 13 puede estar hecho de una variedad de materiales que pueden proporcionar una estructura opaca, resistente al calor y cromáticamente neutra, tal como aluminio, acero y similares. La porción de la luz difusamente reflejada o emitida recolectada del elemento óptico de recolección de luz 7 puede transferirse mediante una fibra óptica 8 a los canales de entrada de control de un dispositivo de análisis 10 de modo que se puedan determinar las características del material de muestra 4. El sistema de suministro de luz puede proporcionarse además con un elemento de bloqueo 12, que puede colocarse en una ubicación deseada a lo largo del primer eje óptico 11, por ejemplo, entre la fuente de luz 2 y el material de muestra 4. El uso de un elemento de bloqueo 12 puede evitar que la luz generada a partir de los ángulos de incidencia estrechos del reflector 1, que están cerca del primer eje óptico, alcance el material de muestra 4. De esta manera, se puede evitar que los rayos paraxiales 14, que están cerca y casi paralelos al primer eje óptico 11, alcancen el material de muestra 4, bloqueando así la reflexión especular en la dirección de la abertura de recolección 16. La luz reflejada 3 puede suministrarse al material de muestra 4 desde un amplio intervalo de ángulos alrededor del elemento de bloqueo 12, de modo que converja y forme un campo continuo de iluminación, a un intervalo de distancias de la fuente de luz 2.

Como se muestra en la Figura 2, el elemento de bloqueo 12 puede ser de forma circular y dimensionado de modo que bloquee uniformemente un ángulo sólido de la luz dirigida al material de muestra 4, que es mayor que el ángulo de aceptación del elemento de recolección de luz 7, cuyo ángulo de aceptación puede estar limitado por la primera abertura 16 del elemento de protección 13. Al mismo tiempo, para garantizar la iluminación máxima del material de muestra 4, el elemento de bloqueo 12 debe ser lo suficientemente pequeño como para permitir que una porción de la luz 3 dirigida desde el sistema de suministro de luz alcance el material de muestra 4. A modo de ejemplo, el elemento de bloqueo puede tener un diámetro de 18 mm. Al proporcionar el elemento de bloqueo 12, los ángulos de la luz reflejada de forma especular desde una superficie del material de muestra 4 se separan de la luz recolectada difusamente reflejada o emitida. Esto asegura que predominantemente solo se recolecte luz reflejada o emitida de forma difusa para su análisis, lo que mejora la precisión de la medición y permite además que los sistemas de suministro de luz y recolección de luz se coloquen a lo largo del mismo eje. Cabe destacar que, aunque las figuras muestran un elemento de bloqueo 12 que tiene una forma circular, también se pueden usar formas no circulares, especialmente en el caso de un material de muestra que tiene una superficie o superficies de curvatura conocida.

El intervalo de ángulos de la luz de iluminación proporcionada por el elemento de difusión 18 asegura que la luz suministrada al material de muestra 4 forme un área de iluminación extendida, que puede ser de 15 mm de diámetro,

5 en su tamaño mínimo. La propagación de la luz de iluminación es tal que ilumina la región axial delante de la óptica de suministro de luz, incidiendo en la sombra producida por el elemento de bloqueo 12 y el de protección 13 del elemento óptico de desplazamiento de luz 6, en la región inmediatamente delante de la óptica de suministro de luz. Esto asegura que el campo de luz de iluminación sea continuo en la región axial, en un intervalo de distancias de la fuente de luz.

10 Debido a que el campo de iluminación es continuo en un intervalo de distancias, y debido a que la óptica de recolección está enfocada en el infinito, el material de muestra 4 puede posicionarse en diferentes ubicaciones a lo largo del primer eje óptico 11. Por ejemplo, como se muestra en la Figura 1, el material de muestra 4 puede posicionarse antes o después del foco del reflector 1. En este caso, la iluminación en la superficie de la muestra puede extenderse más que en el plano focal.

15 Dependiendo de la aplicación, la superficie del material de muestra puede variar. Por ejemplo, como se muestra en la Figura 3, el sistema óptico 100 de la presente invención puede utilizarse con un material de muestra 4 que tiene una superficie de muestra de topografía variable, en lugar de una superficie plana, por ejemplo, superficies de productos alimenticios. En otras aplicaciones, el sistema óptico 100 puede utilizarse para examinar materiales de muestra 4 que son semitransparentes y dispersantes, tales como suspensiones líquidas o lechadas, como se muestra en la Figura 4.

20 Para determinadas aplicaciones que requieren el examen de un material de muestra 4 que se proporciona a una larga distancia, o un mayor intervalo de distancias de trabajo, el sistema óptico 100 puede estar provisto de un reflector de mayor distancia focal o de un tipo de reflector diferente. La Figura 5 ilustra un reflector elíptico de una longitud focal significativamente más larga, que produce un campo de iluminación que es continuo en un mayor intervalo de distancias de trabajo que el producido por el reflector de realizaciones anteriores mostradas en las Figuras 1 a 3, con respecto al diámetro del sistema de suministro de luz. Cabe destacar que se pueden utilizar otros tipos de reflectores para aumentar el campo de iluminación o las distancias de trabajo, por lo que la presente invención no se limita de ninguna manera al uso de un reflector elipsoidal. Por ejemplo, se puede usar un reflector parabólico, como se muestra en la Figura 6. Se configura un reflector parabólico 20 para transferir la luz generada a partir de una fuente de luz 2 al material de muestra 4 en forma de un haz colimado. En el caso de un reflector parabólico perfecto, la sombra del elemento de bloqueo 12 y el elemento de protección 13 estará presente en el campo de iluminación a todas las distancias delante de la óptica de suministro de luz. Es necesario un intervalo de ángulos en el haz 21 para generar un campo de iluminación continuo a cualquier distancia. Este diseño es adecuado para evaluar muestras a largas distancias de trabajo.

35 Según realizaciones de la presente invención, el sistema óptico 100 de la presente invención puede utilizarse en un instrumento capaz de examinar un material de muestra 4. El instrumento puede configurarse para realizar un análisis de un material de muestra 4 mediante interacciones ópticas, por ejemplo, recolectar la luz difusamente reflejada o emitida.

40 Según realizaciones de la presente invención, el sistema óptico 100 puede estar provisto de un elemento espaciador 22, un ejemplo del cual se muestra en la Figura 7. El elemento espaciador 22 está provisto de una abertura para permitir que la luz transferida por la óptica de suministro de luz al material de muestra 4, alcance el material de muestra. Por ejemplo, un elemento espaciador cilíndrico 22 puede posicionarse en el extremo frontal del sistema óptico 100 para posicionar la superficie del material de muestra 4 a aproximadamente la distancia focal deseada, cuando está en contacto con el elemento espaciador. Cabe destacar que el elemento espaciador 22 puede ser de cualquier forma y dimensiones deseables. Dependiendo de la distancia de trabajo del sistema óptico 100, se pueden proporcionar espaciadores de diferentes alturas. Además, la altura del espaciador puede ser ajustable para acomodar diferentes distancias de trabajo. El elemento espaciador 22 puede fijarse de forma amovible al sistema óptico 100 mediante medios de sujeción, de modo que pueda reemplazarse o retirarse rápidamente. Por ejemplo, un conjunto de elementos espaciadores 22 puede estar provisto de diferentes alturas, para permitir que el material de muestra 4 se posicione a diferentes distancias de trabajo. Además, se puede proporcionar un elemento espaciador extensible en altura para permitir el posicionamiento del material de muestra a diferentes distancias de trabajo. El elemento espaciador 22 puede conectarse al sistema óptico 100 mediante una configuración de tornillo y rosca, y/o sujetadores, por ejemplo, tornillos, pernos y similares, y/o una configuración de conexión magnética, y/o una configuración de conexión ajustada a presión, o cualquier otra forma deseable. Además, el elemento espaciador 22 puede usarse con el sistema óptico 100 mediante la simple colocación del sistema óptico 100 sobre el elemento espaciador 22, que puede no requerir una conexión entre las dos partes.

Listado de referencias numéricas:

- 60
- 1 Elemento óptico de suministro de luz
  - 2 Fuente de luz
  - 3 Luz reflejada
  - 4 Material de muestra
  - 65 5 Luz difusamente reflejada o emitida por la muestra

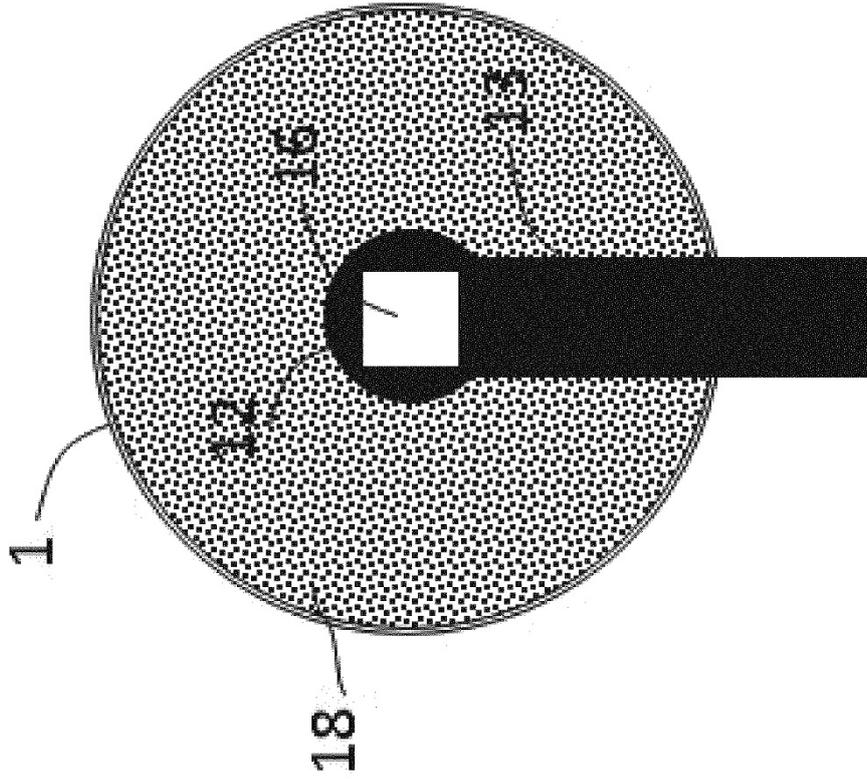
- 6 Elemento óptico de desplazamiento de luz
- 7 Elemento óptico de recolección de luz
- 8 Fibra óptica
- 9 Parte del elemento de protección
- 5 10 Dispositivo de análisis
- 11 Primer eje óptico
- 12 Elemento de bloqueo
- 13 Elemento de protección
- 14 Rayos paraxiales
- 10 15 Segundo eje óptico
- 16 Primera abertura
- 17 Segunda abertura
- 18 Elemento difusor
- 20 Reflector parabólico
- 15 21 Rayos divergentes
- 22 Elemento espaciador
- 100 Sistema óptico

REIVINDICACIONES

1. Un sistema óptico (100) que comprende:
  - 5 una fuente de luz (11);  
un sistema de suministro de luz que comprende un reflector (1) de una primera abertura numérica que tiene un primer eje óptico (11), estando el reflector (1) configurado para dirigir la luz (3) emitida desde la fuente de luz (2) a un material de muestra (4) posicionado a lo largo del primer eje óptico (11);
  - 10 un sistema de recolección de luz que comprende un elemento óptico de recolección de luz (7) de una segunda abertura numérica que tiene un segundo eje óptico (15), estando el elemento óptico de recolección de luz (15) configurado para recolectar luz (5) difusamente reflejada o emitida desde una superficie del material de muestra iluminado (4) y para transferir la luz recolectada a un dispositivo de análisis (10); y
  - 15 un dispositivo óptico de desplazamiento de luz posicionado entre la fuente de luz (2) y el material de muestra (4) que comprende un elemento óptico de desplazamiento de luz (6) configurado para transferir al menos una porción de la luz (5) difusamente reflejada o emitida desde la superficie del material de muestra (4) al elemento óptico de recolección de luz (7);  
donde el dispositivo óptico de desplazamiento de luz comprende un elemento de protección (13) que rodea, al menos parcialmente, el elemento óptico de desplazamiento de luz (6), comprendiendo el elemento de protección (13) al menos una primera abertura (16), a través de la cual la luz difusamente reflejada o emitida (5) desde la superficie del material de muestra (4) ingresa al elemento óptico de desplazamiento de luz (6), y al menos una segunda abertura (17), a través de la cual la luz difusamente reflejada o emitida ingresada a través de la primera abertura sale del elemento óptico de desplazamiento de luz (6) y se transfiere al elemento óptico de recolección de luz (7), **caracterizado porque** el elemento óptico de desplazamiento de luz es un prisma que tiene una forma romboidal.
2. El sistema óptico (100) de la reivindicación 1, donde el dispositivo óptico de desplazamiento de luz comprende un elemento de bloqueo (12) configurado para desviar del eje óptico del elemento óptico que suministra luz (1) una parte central de la luz (14) dirigida al material de muestra (4).
3. El sistema óptico (100) de la reivindicación 2, donde el elemento de bloqueo (12) tiene una forma circular.
4. El sistema óptico (100) según la reivindicación 1 o 2, donde el sistema de suministro de luz comprende un elemento difusor (18), que está posicionado delante del reflector (1) de manera que la luz suministrada al material de muestra (4) tiene una distribución angular mayor que el cono de iluminación del reflector (1).
5. El sistema óptico (100) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el sistema óptico (100) comprende un espaciador (22) dispuesto, cuando una superficie frontal del elemento espaciador entra en contacto con la superficie del material de muestra (4), para posicionar el material de muestra (4) aproximadamente a la distancia focal del sistema de suministro de luz.
6. El sistema óptico (100) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la primera abertura numérica del reflector (1) es mayor con respecto a la segunda abertura numérica del elemento óptico de recolección de luz (7).
7. El sistema óptico (100) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el elemento óptico de recolección de luz (7) está posicionado en una ubicación más allá de un perímetro del reflector (1).
8. El sistema óptico (100) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el reflector (1) es un reflector elipsoide configurado para transferir la luz generada a partir de la fuente de luz (2) posicionada en uno de sus focos a su otro punto focal.
9. El sistema óptico (100) de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, donde el reflector (1) es un reflector parabólico configurado para transferir luz generada a partir de la fuente de luz (2) al material de muestra (4) en forma de un haz colimado.
10. El sistema óptico (100) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el elemento de protección (13) se proporciona en forma de una carcasa hecha de un material opaco.
11. El sistema óptico (100) de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, donde el elemento de protección (13) se proporciona en forma de una capa de recubrimiento opaca aplicada en al menos una de las superficies del elemento óptico de desplazamiento de luz (6) de tal manera que forme las al menos primera y segunda aberturas (16,17).

- 5 12. El sistema óptico (100) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el sistema óptico (100) comprende al menos una fibra óptica (8) posicionada en una ubicación a lo largo del segundo eje óptico (15) y dispuesta para recibir la luz recolectada por el elemento óptico de recolección de luz (7), estando la fibra óptica (8) configurada para transferir la luz recolectada a la óptica de entrada de un dispositivo de análisis (10) para analizar el material de muestra.
- 10 13. Un instrumento configurado para realizar un examen espectroscópico NIR, espectroscópico de fluorescencia o espectroscópico Raman de un material de muestra, donde el instrumento comprende un sistema óptico (100) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12.
14. Uso del instrumento según la reivindicación 13 para realizar espectroscopía NIR para examinar un material de muestra.





**Figura 2**

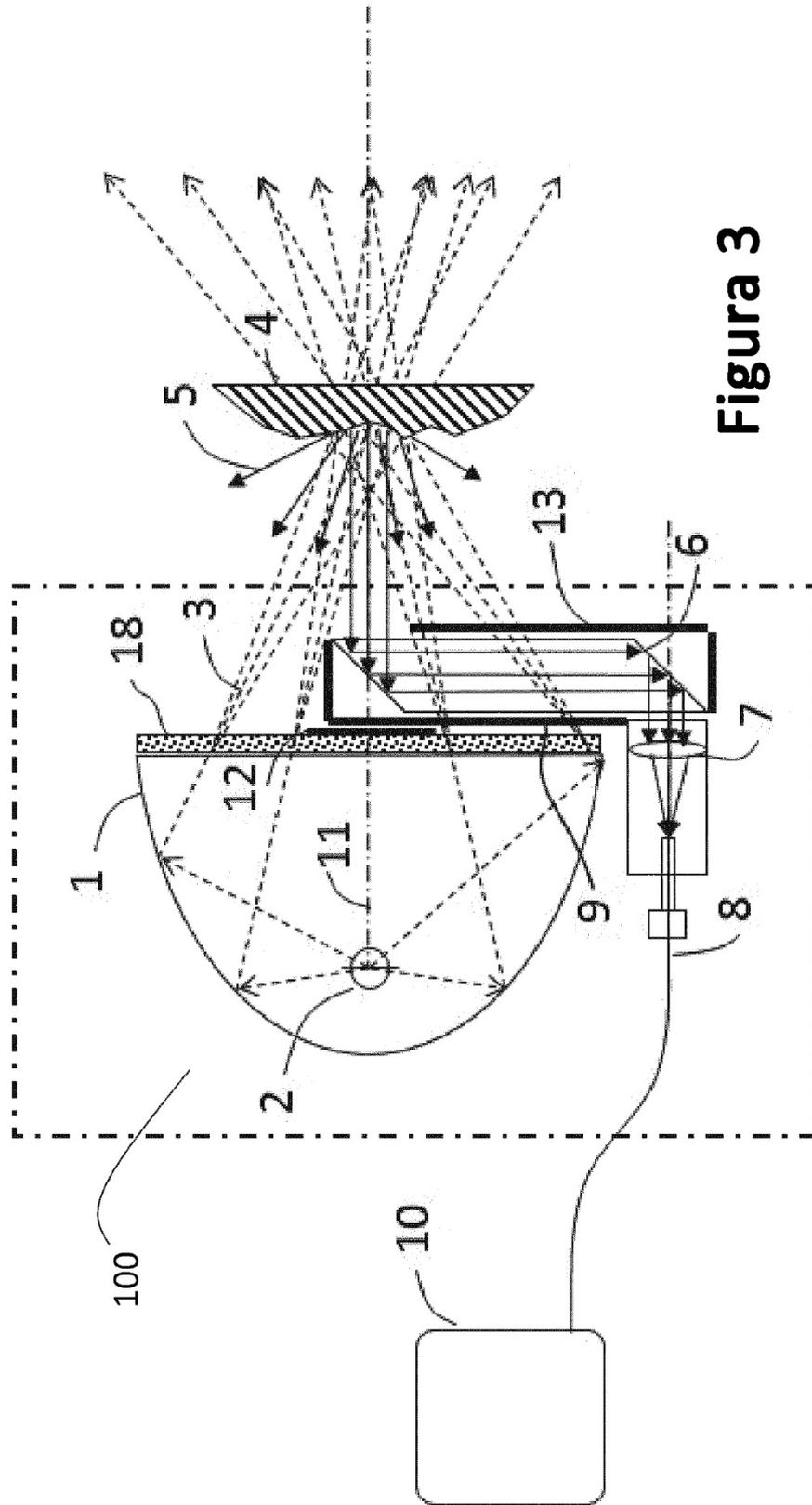


Figura 3

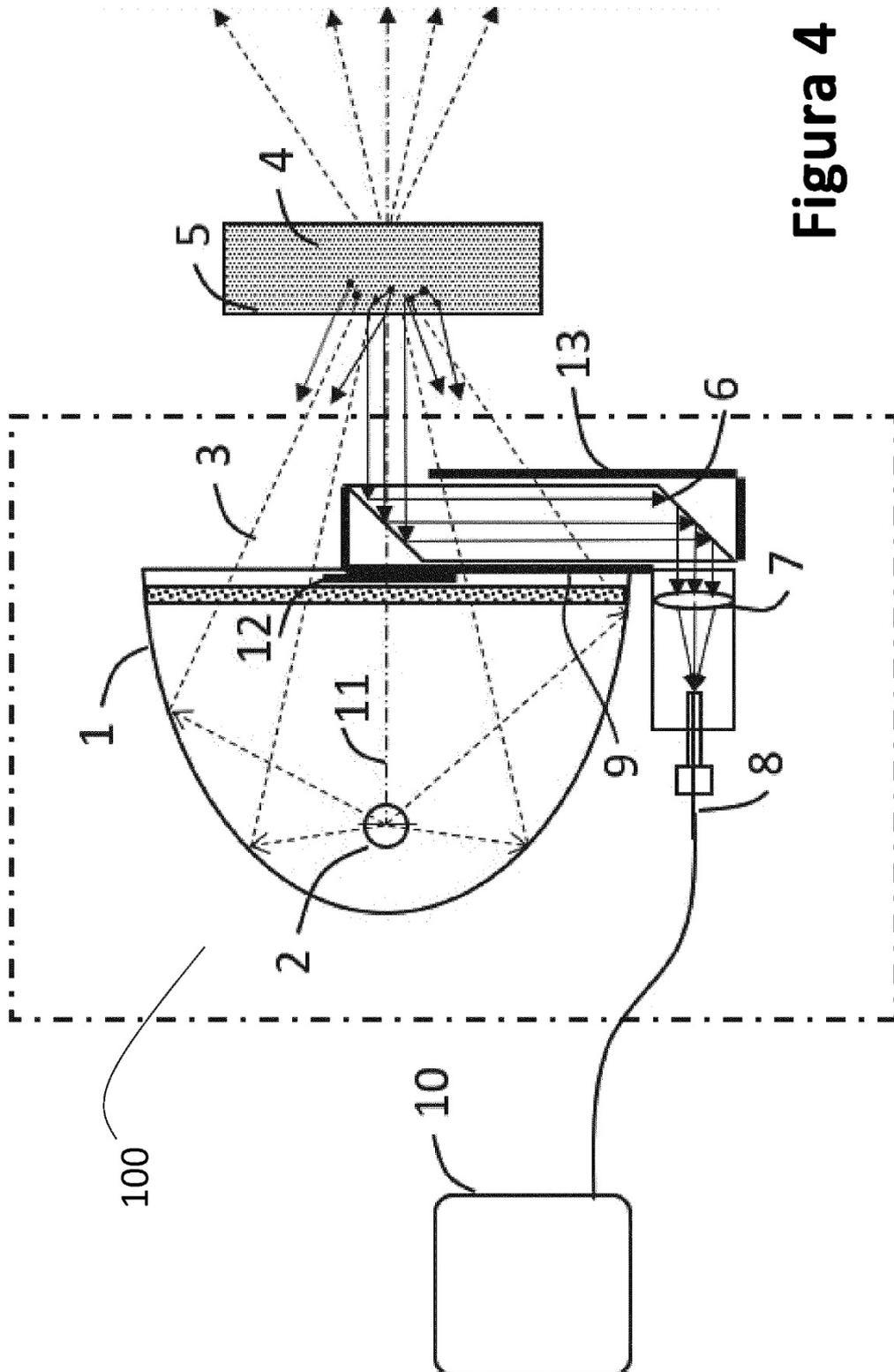


Figura 4

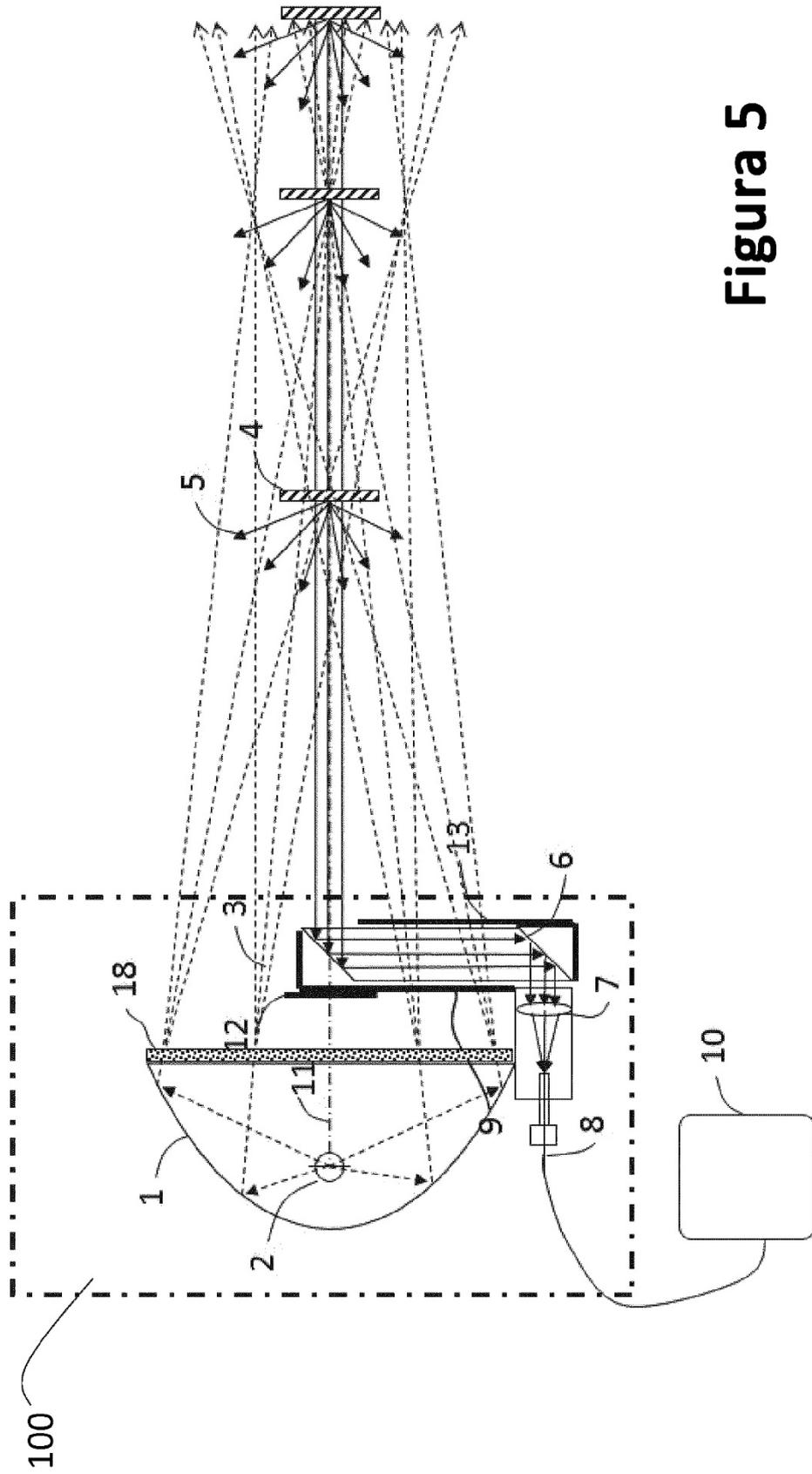


Figura 5

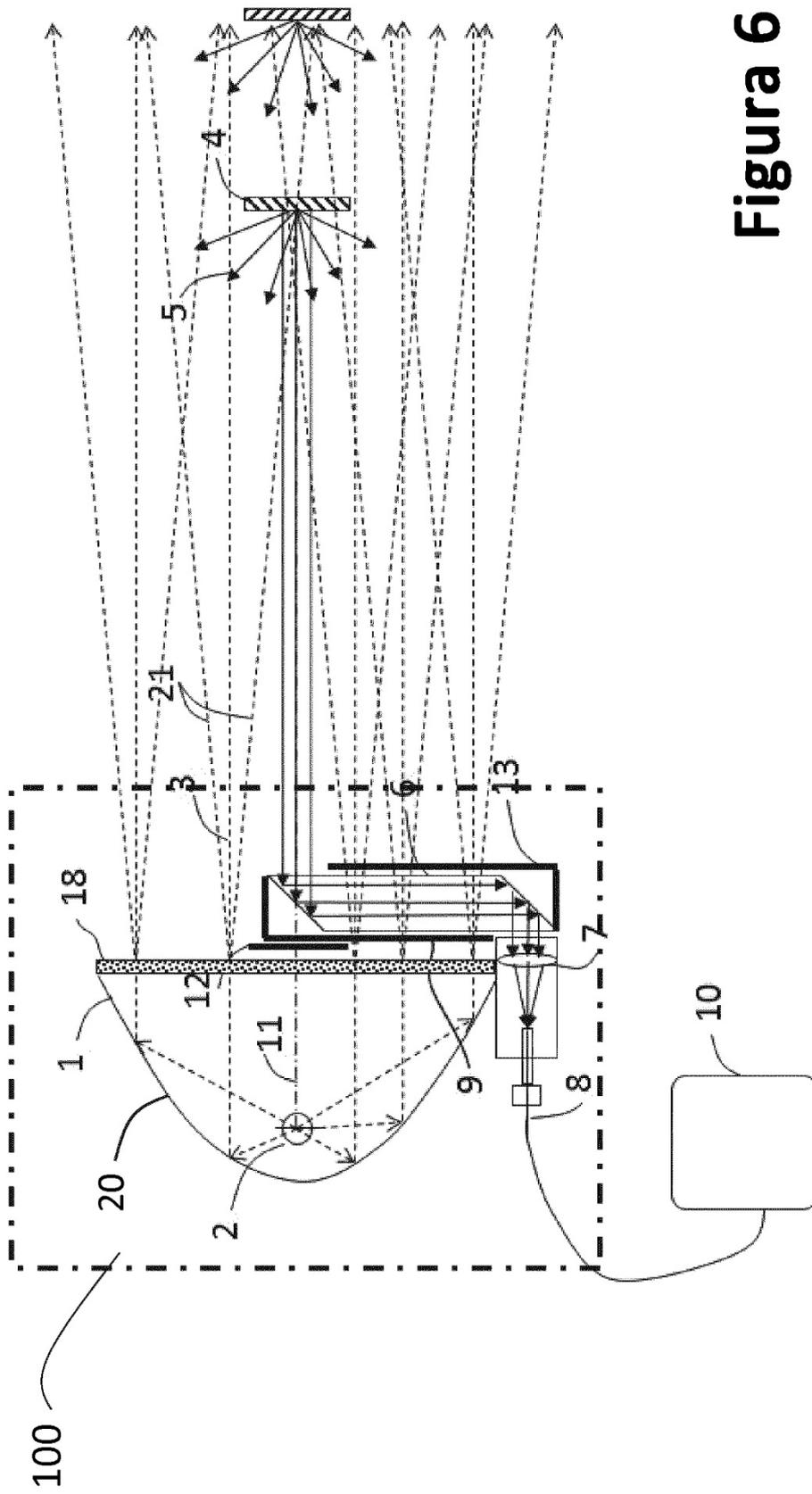
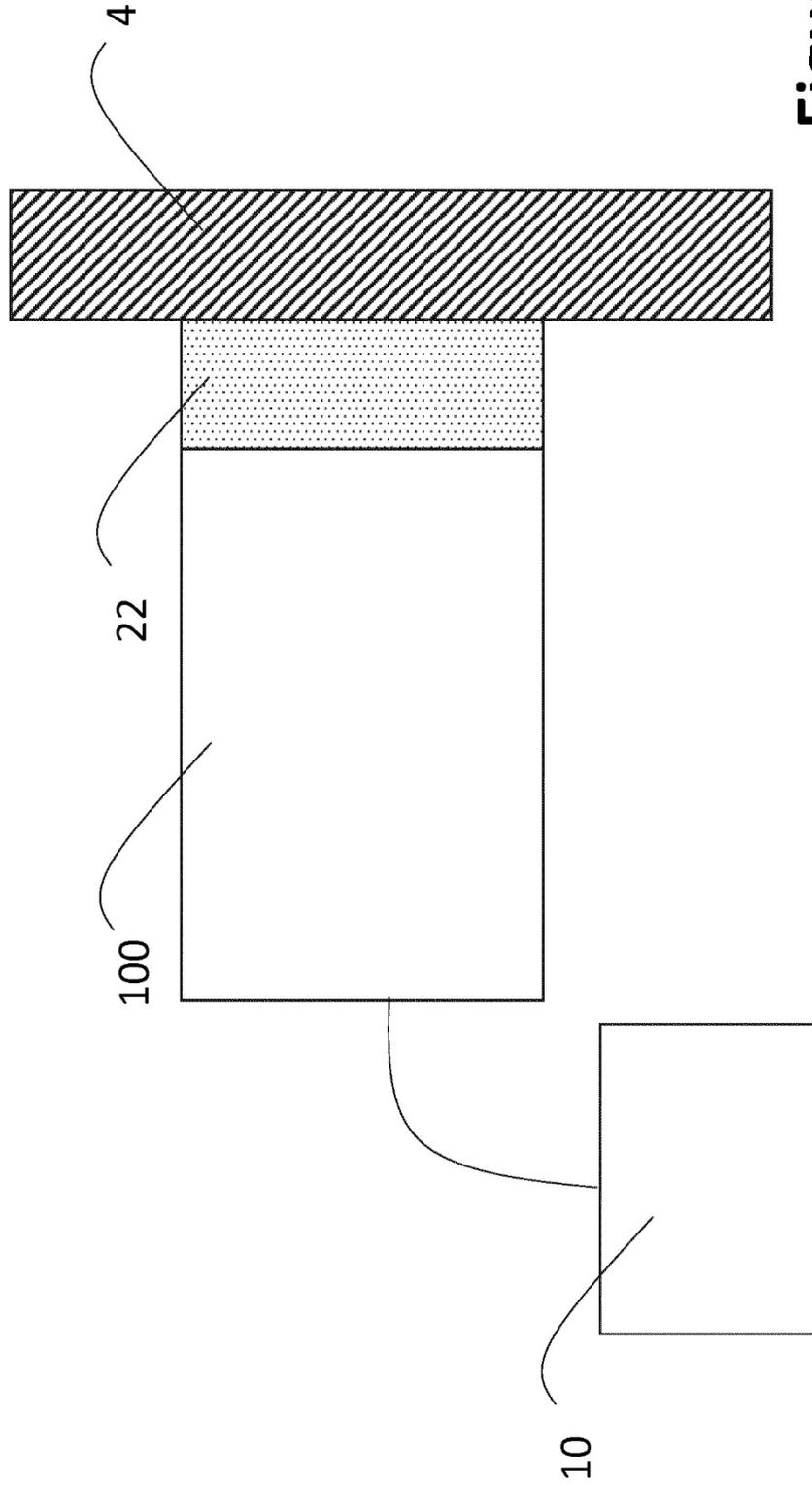


Figura 6



**Figura 7**