



(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 288 497**

(51) Int. Cl.:

G07D 7/12 (2006.01)

G01J 3/28 (2006.01)

G01J 3/18 (2006.01)

G01J 3/04 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(86) Número de solicitud europea: **01271610 .6**

(86) Fecha de presentación : **18.12.2001**

(87) Número de publicación de la solicitud: **1344193**

(87) Fecha de publicación de la solicitud: **17.09.2003**

(54) Título: **Dispositivo de detección óptica y método para el análisis espectral.**

(30) Prioridad: **21.12.2000 EP 00311560**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.01.2008

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.01.2008

(73) Titular/es: **De La Rue International Limited
De La Rue House, Jays Close, Viables
Basingstoke, Hampshire RG22 4BS, GB**

(72) Inventor/es: **Klock, Hansjörg;
Jones, Robert y
Hazel, Michael, Stuart**

(74) Agente: **Ungría López, Javier**

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

Dispositivo de detección óptica y método para el análisis espectral.

5 La invención se refiere a un dispositivo de detección óptica que comprende al menos una apertura de entrada, un dispositivo de obtención de imágenes, al menos un emparrillado de difracción asociado con la al menos una apertura de entrada, y un conjunto de detección lineal. La invención se dirige, igualmente, a un dispositivo para validar billetes de banco, y a un método para el análisis espectral de una zona de detección de un objeto.

10 La validación de billetes de banco (verificación o autenticación) se basa, habitualmente al menos en un cierto grado, en un método de detección óptica (véanse, por ejemplo, los documentos US 5-607.040, EP 0 935 223). Es conocida la realización de la verificación comparando el patrón detectado con patrones de referencia (véase, por ejemplo, el documento EP-A-0947964).

15 La espectroscopia óptica es bien conocida en laboratorios industriales y en líneas de producción para monitorizar el proceso. En tales aplicaciones, los espectrómetros miden el espectro óptico en una zona determinada del objeto que se va a analizar. En términos generales, existen dos formas de llevar a cabo este procedimiento:

20 Escaneado del espectro en bandas estrechas, por medio de un único detector, o la medición simultánea de varios componentes espectrales por medio de un conjunto de detectores lineales.

25 En el mercado ya se encuentran disponibles espectrógrafos para obtención de imágenes. En OLE, junio 1994, pág. 13, se describe un ejemplo de un dispositivo de este tipo. Este dispositivo conocido es una combinación de un analizador de espectros y una cámara CCD. La luz entra a través de una ranura en el extremo frontal del analizador de espectros. Seguidamente, es dividida en sus componentes espectrales por medio de un emparrillado de transmisión y enfocada sobre un detector CCD bidimensional (que forma parte de una cámara CCD convencional). El emparrillado de transmisión está incluido entre dos prismas dispersores (una construcción que se conoce como PGP: "Prisma-Emparrillado-Prisma", en sus siglas en inglés).

30 Los espectrómetros conocidos hasta la fecha son muy adecuados para la monitorización de la producción en procesos industriales, en donde se dispone de abundante espacio. Sin embargo, no resulta sencillo reducir su tamaño y, por lo tanto, su construcción conocida no es apropiada para soluciones técnicas integradas.

35 El documento DE-A-19523140 describe un método para mejorar la relación de señal-ruido para un espectrómetro de alta precisión, utilizando múltiples conjuntos de detectores lineales que reciben la luz desde una única ranura de entrada.

Resumen de la invención

40 Un objeto de la invención es proporcionar un dispositivo de sensor óptico basado en el análisis espectral. En particular, un objeto es el de proporcionar un dispositivo que se pueda aplicar a la detección de múltiples puntos (e, incluso, un punto único) en una construcción economizadora de espacio integrada mecánicamente.

45 De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, un dispositivo de detección óptica en particular para obtener mediciones espectroscópicas de una línea iluminada, el dispositivo comprende varias aperturas de entrada, dispuestas en un conjunto planar de espaciado aparte, a lo largo de un primer eje paralelo con la línea iluminada; un dispositivo de obtención de imágenes que define un eje óptico ortogonal con el primer eje y la línea iluminada; diversos emparrillados de difracción dispuestos a lo largo de un segundo eje, en un conjunto planar paralelo al conjunto planar de aperturas, en donde cada emparrillado está asociado con una correspondiente apertura de entrada, y un conjunto de detección lineal que se extiende a lo largo del eje longitudinal que es paralelo con el segundo eje, y se encuentra lateralmente contrapesado con respecto al mismo, en donde las líneas de emparrillado de los emparrillados de difracción se extienden en un ángulo agudo en relación con el eje longitudinal del conjunto de detección lineal, siendo los ejes primero, segundo y longitudinal ortogonales con respecto al eje óptico, y en donde los emparrillados de difracción determinan que los espectros procedentes de cada apertura de entrada incidan sobre porciones diferentes del conjunto de detección lineal.

55 Por el hecho de que el ángulo de inclinación es mayor que 0° y menor que 90°, existe un componente de la dirección de la dispersión espacial del espectro que es paralelo a la línea de detección, en tanto que, al mismo tiempo, resulta posible disponer los espectros de diversos puntos sustancialmente lado a lado, sin que se produzca el solapamiento de los patrones de difracción. Por lo tanto, es posible analizar simultáneamente los espectros de una multiplicidad de puntos en una línea de detección. Un dispositivo sensor de este tipo es particularmente adecuado para la validación de billetes de banco. Sin embargo, existen otros muchos campos de aplicación tales como, por ejemplo, análisis clínicos *in vivo*, equipos de seguridad, monitorización de la fabricación industrial, clasificación de objetos, etc. En algunas de las aplicaciones, puede usarse fibra óptica o un enlace conductor de la luz entre el objeto y el dispositivo de detección óptica, con el fin de permitir una medición espectroscópica remota.

65 De acuerdo con una realización preferida, existen varias aperturas de entrada de tipo hendidura y sus correspondientes emparrillados de difracción dispuestos a lo largo de la línea de detección. Cada apertura de tipo hendidura

ES 2 288 497 T3

define un “punto” cuyo espectro se debe medir. (Un punto puede tener cualquier tamaño apropiado, por ejemplo, múltiples milímetros cuadrados). Los espectros de todos los puntos se determinan en paralelo.

5 Para la validación de billetes de banco, la línea de detección es una recta transversal a la dirección de alimentación del billete de banco. Adicionalmente, la longitud de la línea de detección se corresponde con la anchura total de la vía de transporte. Esto significa que el billete de banco que atraviesa el dispositivo de conjuntos sensores se puede escanear por completo.

10 Es necesario señalar que la existencia de aperturas de entrada de tipo hendidura no es obligatoria. También resultan aceptables las formas circulares, ovaladas, rectangulares o cuadradas. También es posible seleccionar una línea de detección que no sea recta. La entrada al sensor espectral se puede proporcionar mediante un haz de fibras que lleva cualquier distribución geométrica de “puntos” a una fila. El dispositivo sensor puede comprender, incluso, varias líneas de detección y, en consecuencia, múltiples conjuntos lineales de detección.

15 Hay diversos parámetros que se pueden variar para obtener la geometría deseada del dispositivo: el ángulo de inclinación, el grado de inclinación de las aperturas, y la frecuencia (o grado de inclinación) del emparrillado de difracción. De acuerdo con una realización especialmente preferida, estos parámetros se seleccionan de manera tal que los espectros de los “puntos” estén ordenados de forma contigua en el conjunto de detección.

20 Si sólo se debe analizar una parte de los espectros, solamente dicha parte debe estar ordenada de forma contigua.

El ángulo de inclinación es, preferentemente, de 45°. Valores próximos a 45° tienen ventajas similares. Resulta posible alcanzar una resolución espectral de, típicamente, entre 8 y 64 componentes espectrales para cada punto. Dependiendo de los requisitos de la aplicación particular del espectrómetro, se pueden implementar resoluciones espectrales inferiores o superiores. Para un conjunto de detección determinado (que se caracteriza por el tamaño y la distancia de los píxeles del sensor), existe una compensación entre resolución espacial y espectral. Cuanto mayor es la resolución espectral, menor es la resolución espacial, y viceversa.

30 El conjunto de detección puede ser un conjunto lineal único de píxeles de detección fotosensibles (integrados en un chip semiconductor, por ejemplo, de compuestos de silicio o germanio/indio). Preferentemente, el conjunto lineal (es decir, la línea de los sensores de detección) está contrapesado lateralmente con respecto a un eje óptico del espectrómetro. El eje óptico está definido por el dispositivo de obtención de imágenes. En términos generales, la apertura de entrada y el emparrillado de difracción se encuentran alineados con respecto al eje óptico, y el eje óptico tiene una dirección que es, preferentemente, perpendicular a la superficie del objeto que se debe analizar.

35 El contrapeso es tal que el conjunto de detección abarca las difracciones de primer orden de todos los “puntos” que se deben analizar simultáneamente. Dependiendo de la intensidad dirigida a los diferentes órdenes de difracción, puede ser posible también detectar los componentes espectrales de difracciones de órdenes superiores.

40 Es conveniente que el emparrillado de difracción sea un emparrillado de transmisión, que posee una dirección preferencial. Por ejemplo, un emparrillado vidriado concentra la energía de difracción en la difracción de primer orden. En términos generales, es preferible maximizar la difracción de potencia hasta un orden interceptado por el conjunto de detección lineal. La invención no está limitada a estos emparrillados, pero se prefieren los emparrillados de transmisión a los emparrillados de reflexión.

45 El dispositivo de obtención de imágenes es, por ejemplo, un conjunto de lentes que permite obtener imágenes de una zona de detección continua, en forma de banda. Es bien sabido que los conjuntos de lentes GRIN (GRIN = índice graduado) conocidos como Selfoc Lens Conjuntos (SLA) muestran el comportamiento deseado. Sin embargo, dependiendo de los propósitos y necesidades del campo seleccionado de aplicación, el espectrómetro puede estar implementado con otros elementos de obtención de imágenes.

50 Para el escaneado de objetos con una estructura de superficie fina, se requiere a menudo disponer de algún medio de alisado de fuentes (“antialiasing”) para evitar fluctuaciones indeseadas. En relación con el dispositivo sensor de la invención, resulta especialmente ventajoso disponer una lente cilíndrica frente a las aperturas de entrada. Dicha lente se puede implementar por medio de una varilla larga que se extiende a lo largo de toda la línea de detección. El alisado de fuentes tiene lugar en una dirección (es decir, en la dirección de la línea de detección). En la otra dirección (es decir, de manera transversal a la línea de detección) se enfoca la imagen. Cuando el objeto se mueve durante un ciclo de medición (como es el caso en la validación de alta velocidad de billetes de banco), esto da lugar automáticamente a un alisado de fuentes en la dirección de transporte.

60 La conveniencia de utilizar o no medios de alisado de fuentes depende de la estructura óptica (textura) del objeto, y de las dimensiones de la apertura de entrada. Evidentemente, también es posible usar otros medios de alisado de fuentes.

65 Con el fin de tener luz suficiente en el orden de difracción seleccionado, es importante disponer de una iluminación correcta y concentrada de la zona (“puntos”) que se debe analizar. Por consiguiente, la invención propone igualmente la disposición de medios de iluminación para ofrecer una zona estrecha pero larga (es decir, en forma de banda o línea) iluminada sobre el objeto (por ejemplo, un billete de banco).

Cuando se utilizan haces de fibras para ordenar una zona extendida de forma bidimensional en la línea de detección, puede ser mejor, por supuesto, disponer de medios para iluminar, por ejemplo, una zona circular o de otro tipo (dependiendo del campo de aplicación).

Para la validación de billetes de banco, es preferible tener medios de iluminación con un espectro continuo de ancho de banda en el intervalo visible e infrarrojo (400 nm hasta 2000 nm). De hecho, la calidad de la medición espectroscópica depende de la calidad del espectro de iluminación. Dependiendo de la aplicación específica, puede ser suficiente disponer de una iluminación en el intervalo ultravioleta (por ejemplo, cuando se utilizan efectos fluorescentes), o sólo dentro del intervalo visible.

La iluminación se puede combinar a partir de diferentes fuentes lumínicas. El iluminador puede comprender una pluralidad de fuentes y un dispositivo de obtención de imágenes para obtener la imagen de la luz de las fuentes sobre la zona en forma de banda. Es posible enfocar una fila de fuentes de luz discreta o incandescente sobre una línea por medio de una lente cilíndrica.

El dispositivo de obtención de imágenes y el conjunto sensor están preferentemente integrados en un alojamiento común de escasa sección cruzada (similar al Sensor de Imagen de Contacto, CIS, conocido en la técnica). Puede ser posible integrar más elementos de la invención en un módulo específico para la aplicación, al objeto de lograr una construcción técnica compacta y modular.

La invención se utiliza, preferentemente, para validar billetes de banco. Un dispositivo de este tipo comprende, típicamente, una vía de transporte de billetes de banco para alimentar secuencialmente billetes de banco, y un dispositivo de detección óptica dispuesto bajo la vía de transporte y que comprende una apertura de entrada, un dispositivo de obtención de imágenes, un empujador de difracción, asociado con la apertura de entrada, y un conjunto de detección. De acuerdo con la invención, el empujador de difracción se encuentra rotado en relación con la orientación del conjunto de detección lineal. El transporte se lleva a cabo por rodillos de transporte motorizados y elementos de guía mecánicos que impulsan el billete de banco a lo largo de una vía predeterminada, que pasa a través del dispositivo de detección óptica. El dispositivo de detección óptica tiene una sección cruzada muy reducida y, por lo tanto, se puede integrar fácilmente en cualquier tipo de aparato de validación.

De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención, un método para el análisis espectral de una zona de detección de un objeto, utilizando un dispositivo según el primer aspecto de la invención, comprende las etapas de:

- a) limitar las zonas de detección por dichas aperturas de entrada,
- b) imponer un efecto de difracción sobre la luz limitada por las aperturas de entrada, mediante la asociación de cada uno de los respectivos empujadores de difracción a cada una de las aperturas, y
- c) detectar un efecto de difracción de orden primero y/o superior mediante el conjunto de detección lineal,

y se caracteriza porque

- d) se impone una rotación, en relación con la orientación del conjunto de detección lineal, sobre el efecto de difracción a través de la selección de un ángulo de rotación, un grado de inclinación de las aperturas, y un grado de inclinación del empujador de difracción, de manera tal que los espectros de los múltiples puntos en la zona de detección quedan ordenados de forma contigua sobre el conjunto de detección, lo que permite medir simultáneamente los espectros de los múltiples puntos.

A continuación, la invención se describe de manera más detallada en relación con una realización preferida, haciendo referencia a la Fig. 1, que es una vista esquemática en perspectiva de un espectrómetro.

La Fig. 1 muestra una realización preferida de la invención. El espectrómetro de este tipo se puede utilizar en un dispositivo procesador de billetes de banco (véase, por ejemplo, el documento EP 0 645 742 B). Estos dispositivos tienen, normalmente, un mecanismo de transporte para alimentar los billetes de banco 1, de forma secuencial y a una elevada velocidad de transporte, desde una entrada de billetes de banco hasta una salida de billetes de banco. La orientación del billete de banco 1 durante el transporte puede ser transversal a la dirección de la vía de alimentación 2. El espectrómetro, que está combinado con un dispositivo de análisis de datos (por ejemplo, un microprocesador, un procesador de señales digitales, o un ordenador) que permite validar el billete de banco, abarca, preferentemente, la anchura total de la vía de alimentación, de manera que el billete de banco puede ser escaneado en su totalidad cuando atraviesa el dispositivo sensor. La decisión de si el billete de banco es válido o no, evidentemente, no puede basarse únicamente en un análisis espectral, sino también en detecciones adicionales tales como una detección de capacidad. Estos programas de detección adicionales son bien conocidos en la técnica.

Un iluminador comprende una pluralidad de fuentes de luz 3.1, 3.2 y una lente cilíndrica 4 para iluminar una línea de detección 5 larga y estrecha. La lente cilíndrica 4 es paralela a la línea de detección 5. Las fuentes de luz 3.1, 3.2 pueden ser elementos incandescentes dispuestos en una línea recta 6, a una distancia apropiada el uno del otro para garantizar que la intensidad de la iluminación a lo largo de la línea 5 es más o menos constante y suficientemente alta para la detección.

La lente cilíndrica 8 enfoca la luz reflejada por la superficie del billete de banco 1 en dirección del eje óptico 7 sobre una máscara 9. La máscara 9 se encuentra en un plano perpendicular al eje óptico 7, y se extiende en una dirección paralela a la línea de detección 5. Una pluralidad de aperturas de tipo hendidura 11.1, 11.2, 11.3, está dispuesta a lo largo del eje 10 de la máscara. Cada apertura 11.1, 11.2, 11.3 define una zona o “punto” sobre la línea de detección 5, que se analiza de forma espectral. De acuerdo con una realización preferida de la invención, las aperturas 11.1, 11.2, 11.3 tienen una longitud dentro del intervalo de 1 mm a 2 mm (por ejemplo, $s = 1,4$ mm) y un ancho dentro del intervalo de 1/10 a 3/10 mm (por ejemplo, $w = 0,2$ mm). Todas las aperturas 11.1, 11.2, 11.3 tienen la misma orientación, pueden estar rotadas en un ángulo α con respecto al eje 10 de la máscara. Las hendiduras, por lo tanto, no son paralelas ni ortogonales con respecto al eje 10. El ángulo más preferido es $\alpha = 45^\circ$. Las aperturas 11.1, 11.2, 11.3 pueden tener un grado de inclinación dentro del intervalo de 1 mm a 5 mm, dependiendo del objeto que se debe analizar, y de la resolución espectral deseada. Evidentemente, existen numerosos parámetros que se pueden adaptar y que se deben tomar en consideración al definir el grado de inclinación de las aperturas.

Detrás (en la Fig. 1: “por encima”) de la máscara 9 hay un dispositivo de obtención de imágenes 12, por ejemplo, un conjunto de lentes Selfoc (SLA), que proyecta una imagen de la máscara 9 sobre el plano 13 del sensor óptico. Se prefiere que el dispositivo de obtención de imágenes 12 no genere imágenes invertidas. Sin embargo, también se pueden aceptar las imágenes invertidas cuando hay presente un medio de alisado de fuentes.

Entre el plano 13 del sensor óptico y el dispositivo de obtención de imágenes 12 se encuentra interpuesto un conjunto de empujamiento de difracción 14. Tal como se muestra en el presente ejemplo, el conjunto de empujamiento de difracción 14 comprende una pluralidad de empujamientos de transmisión 15.1, 15.2, 15.3. Cada empujamiento de transmisión 15.1, 15.2, 15.3 está asociado con una apertura 11.1, 11.2, 11.3. Los empujamientos de transmisión 15.1, 15.2, 15.3 tienen una orientación que se encuentra rotada con respecto al eje del conjunto de empujamiento de difracción 14 en el mismo ángulo que lo están las aperturas 11.1, 11.2, 11.3 con respecto al eje 10. Este ángulo es, preferentemente, de 45° . El empujamiento de transmisión 15.1 y la apertura 11.1 que está asociada al mismo, se encuentran en el mismo eje óptico. Los empujamientos de transmisión 15.1, 15.2, 15.3 pueden formar una zona contigua, en forma de banda, o una serie de zonas rectangulares separadas. Cada zona rectangular puede estar rotada o no con respecto al eje 16. Es suficiente si la luz de las aperturas 11.1, 11.2, 11.3 resulta capturada de manera más o menos completa por el efecto de difracción, y si la estructura del propio empujamiento se rota en el ángulo deseado.

La línea 5, la lente cilíndrica 8, el eje 10 de la máscara, el dispositivo de obtención de imágenes 12, y los empujamientos de transmisión 15.1, 15.2, 15.3 están en paralelo y, adicionalmente, alineados sobre el eje óptico 7. El conjunto sensor 17, sin embargo, está desplazado lateralmente con respecto al eje óptico 7, de modo que se pueden detectar las difracciones de primer orden 18.1, 18.2, 18.3 de los empujamientos de transmisión 15.1, 15.2, 15.3. Las difracciones de orden cero que se proyectan en mayor o menor medida a lo largo del eje óptico 7 sobre el plano 13 no se muestran en la Fig. 1. Adicionalmente, se debe señalar que mientras que existen difracciones de primer orden simétricas en los lados “positivo” y “negativo” de las difracciones de orden cero, la Fig. 1 muestra solamente las difracciones de primer orden “positivas” 18.1, 18.2, 18.3).

Debido a que la orientación o líneas del empujamiento de difracción está rotada en un ángulo de 45° , las difracciones de primer orden 18.1, 18.2, 18.3, cada una de las cuales abarca básicamente una zona rectangular alargada en el plano 13, están rotadas en el mismo ángulo con respecto a la línea de detección. Además, presentan límites adyacentes entre sí y generan una zona contigua que tiene una forma “escalonada”. El conjunto sensor 17 está situado de manera tal que se encuentra por completo dentro de la zona “escalonada” contigua. De acuerdo con la Fig. 1, es paralelo a la línea de detección, pero se encuentra desviado en una distancia determinada del eje óptico 7.

Tal como se ilustra en la Fig. 1, el conjunto sensor 17 forma una intersección asimétrica con las difracciones de primer orden. Esto da lugar a una selección de las longitudes de onda detectadas. De hecho, cada difracción de primer orden 18.1, 18.2, 18.3 contiene la totalidad de la información espectral en el patrón. Por lo tanto, se prefiere en especial que el conjunto sensor 17 forme una intersección con las difracciones de primer orden 18.1, 18.2, 18.3 a partir de la posición de la longitud de onda mayor dentro del intervalo del sensor, y que finalice, por ejemplo, cerca del extremo exterior del patrón, dependiendo de la menor longitud de onda que pueda detectar el sensor.

La extensión de las difracciones de primer orden 18.1, 18.2, 18.3 depende del grado de inclinación del empujamiento. Se han obtenido buenos resultados con un grado de inclinación correspondiente a 300 a 600 líneas por milímetro (por ejemplo, $d = 0,0017$ mm). Con el fin de tener suficiente luz en la difracción de primer orden, se utiliza un empujamiento brillante que concentra la potencia lumínica en un orden de difracción preferido y predeterminado.

El conjunto sensor 17 tiene un único conjunto de píxeles que capturas diferentes componentes espectrales de la luz difractada, dependiendo de la posición del píxel y del diseño geométrico del empujamiento. De acuerdo con una realización preferida, el conjunto sensor 17 y los componentes ópticos están incorporados en un alojamiento en forma de varilla para tener una construcción comparable a la de un módulo CIS (Sensor de Imagen de Contacto). Los módulos CIS son fácilmente disponibles en el mercado y se utilizan para el escaneado de documentos en máquinas de fax y en dispositivos de detección de moneda falsificada (véanse, por ejemplo, los documentos US 5.607.040, EP 0 935 223). Incluyen un conjunto de medios ópticos y fotosensibles para detectar el patrón de un documento impreso, por ejemplo, en el intervalo visible.

La señal digital generada por el conjunto sensor 17 se procesa de cualquier forma deseada por un ordenador o, por ejemplo, un DSP (Procesador Digital de Señal) o ASIC (Circuito Integrado para Aplicaciones Específicas) (véase, por ejemplo, el documento EP 0 947 964 A).

5 La invención no está limitada a las realizaciones descritas anteriormente. Existen numerosas variaciones que se encuentran dentro del alcance de la invención, tal como puede resultar evidente por las siguientes explicaciones.

10 Puede haber dos iluminadores, uno a cada lado del dispositivo sensor. Las zonas de iluminación pueden solaparse completa o parcialmente. Los dos iluminadores pueden tener espectros diferentes. Los espectros pueden ser complementarios, de forma que la iluminación abarque un amplio intervalo de espectros (por ejemplo, desde el intervalo UV hasta el intervalo IR). Se puede utilizar una iluminación en el intervalo UV para detectar la "huella dactilar" fluorescente del billete de banco.

15 La construcción de los medios de iluminación depende del tamaño y forma de la zona de detección. En tanto que la Fig. 1 muestra una estrecha línea recta, también es posible tener una línea curva o varias líneas separadas. También resulta posible analizar una zona circular, ovalada o rectangular utilizando un haz de fibras. En el extremo de entrada, las fibras están distribuidas uniformemente sobre la zona a analizar y, en el extremo de salida, pueden estar dispuestas en una línea única frente a la apertura de entrada. Por lo tanto, la zona del objeto está ordenada en una disposición lineal. En otras palabras: el haz de fibras ordena cada apertura de entrada en un punto o región distinta de un objeto
20 externo, en donde estos puntos o regiones se pueden disponer de manera arbitraria.

Las lentes cilíndricas 4 y 8 se pueden sustituir por otros dispositivos ópticos que proyectan la luz sobre la superficie del objeto, y que recogen la radiación reflejada para el análisis espectral.

25 Aun cuando es preferible que las aperturas en la máscara y el emparrillado de difracción tengan dimensiones tales que sea posible generar una zona contigua de patrones de difracción rotados, también es factible tener patrones separados en el espacio. La invención se puede utilizar incluso con una única apertura y un correspondiente emparrillado de difracción. En cualquier caso, la invención se refiere a disposiciones en las que la línea de detección y la dirección espacial de difracción se encuentran en un ángulo apropiado, comprendido entre 0° y 90°. No resulta esencial que
30 todas las aperturas y emparrillados asociados tengan la misma orientación relativa. Es concebible que el ángulo varíe de un par de apertura/emparrillado a otro par de apertura/emparrillado.

Las aperturas no necesariamente deben ser hendiduras. Pueden adoptar también la forma de círculos o cuadrados. Sin embargo, se prefiere una forma con una longitud extendida. Aun cuando se prefiere que todas las aperturas tengan
35 el mismo tamaño, forma y orientación, la presencia de tamaños, formas y orientaciones diversas no está excluida del alcance de la invención. Asimismo, puede variar la distancia entre aperturas vecinas.

La invención no está limitada a un conjunto de detección lineal. El uso de dos conjuntos (por ejemplo, lado a lado) puede mejorar la detección e, incluso, la resolución (dependiendo del ángulo de rotación y de la geometría del
40 conjunto sensor).

En resumen, la invención proporciona un dispositivo de detección espectral que se puede implementar de manera compacta. Posee un extenso campo de aplicaciones más allá de la validación de moneda.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de detección óptica, en particular para obtener mediciones espectroscópicas a partir de una línea iluminada (5), en donde el dispositivo comprende múltiples aperturas de entrada (11.1-11.3) situadas en una disposición planar, espaciadas entre sí a lo largo de un primer eje (10) paralelo a la línea iluminada (5); un dispositivo de obtención de imágenes (12) que define un eje óptico (7) ortogonal con respecto al primer eje (10) y a la línea iluminada (5); múltiples emparrillados de difracción (15.1-15.3) situados a lo largo de un segundo eje (16) en una disposición planar paralela a la disposición planar de aperturas, en donde cada emparrillado está asociado con una correspondiente apertura de entrada (11.1-11.3), y un conjunto de detección lineal (17) que se extiende a lo largo de un eje longitudinal paralelo con, y lateralmente contrapesado con respecto al segundo eje (16), en donde las líneas de emparrillado de los emparrillados de difracción (15.1, 15.2, 15.3) se extienden en un ángulo agudo en relación con el eje longitudinal del conjunto de detección lineal (17), en donde los ejes primero, segundo y longitudinal son ortogonales con respecto al eje óptico (Y), y en donde los emparrillados de difracción determinan que los espectros de cada apertura de entrada incidan sobre diferentes porciones del conjunto de detección lineal.
2. Dispositivo de detección óptica según la reivindicación 1, en el que las difracciones de primer orden (18.1-18.3) de los emparrillados de difracción limitan de forma adyacente entre sí en el conjunto de detección lineal (17).
3. Dispositivo de detección óptica según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** porque el ángulo agudo es, sustancialmente, de 45°.
4. Dispositivo de detección óptica según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado** porque el conjunto de detección (17) tiene un único conjunto lineal de píxeles de detección fotosensibles, y en donde un eje del conjunto lineal está contrapesado con respecto a un eje óptico (7) del dispositivo de detección óptica.
5. Dispositivo de detección óptica según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado** porque el emparrillado de difracción tiene una dirección preferencial que maximiza la difracción de potencia en un orden interceptado por el conjunto de detección lineal.
6. Dispositivo de detección óptica según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado** porque el dispositivo de obtención de imágenes (12) es un conjunto de lentes, en especial un conjunto de lentes GRIN.
7. Dispositivo de detección óptica según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado** porque frente a la apertura de entrada (11.1, 11.2, 11.3) hay dispuesto un medio óptico de alisado de fuentes ("antialiasing") (8), preferentemente una lente cilíndrica, que proporciona el alisado de fuentes en al menos una dirección, preferentemente en la dirección paralela al conjunto de detección (17).
8. Dispositivo de detección óptica según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado** por un medio de iluminación (3.1, 3.2, 4) dispuesto para proporcionar una zona iluminada en forma de banda (5) sobre un objeto que se debe analizar.
9. Dispositivo de detección óptica según la reivindicación 8, **caracterizado** porque el medio de iluminación (3.1, 3.2, 4) tiene un espectro continuo de banda ancha en el intervalo visible y/o infrarrojo.
10. Dispositivo de detección óptica según la reivindicación 8 ó 9, **caracterizado** porque el medio de iluminación comprende una multiplicidad de fuentes (3.1, 3.2) y un dispositivo de obtención de imágenes (4), preferentemente una lente cilíndrica, para proyectar la luz de las fuentes (3.1, 3.2) sobre una zona de iluminación en forma de banda.
11. Dispositivo de detección óptica según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado** porque un haz de fibras ordena zonas del objeto sobre las aperturas de entrada (11.1, 11.2, 11.3).
12. Dispositivo para validar billetes de banco que comprende:
 - a) una vía de transporte para billetes de banco, para la alimentación secuencial de billetes de banco, y
 - b) un dispositivo de detección óptica según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes.
13. Método para el análisis espectral de una zona de detección de un objeto, en el que se utiliza un dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende las etapas de:
 - a) limitar las zonas de detección por parte de dichas aperturas de entrada,
 - b) imponer un efecto de difracción sobre la luz limitada por las aperturas de entrada, por medio de la asociación de cada uno de los respectivos emparrillados de difracción (15.1, 15.2, 15.3) citados con cada una de las aperturas (11.1, 11.2, 11.3), y

ES 2 288 497 T3

c) detectar un efecto de difracción de orden primero y/o superior mediante el conjunto de detección lineal,

caracterizado porque

d) se impone una rotación, en relación con la orientación del conjunto de detección lineal (17), sobre el efecto de difracción por medio de la selección de un ángulo de rotación, un grado de inclinación de las aperturas (11.1, 11.2, 11.3), y un grado de inclinación del emparrillado de difracción (15.1, 15.2, 15.3), de manera tal que los espectros de múltiples puntos en la zona de detección quedan ordenados de forma contigua sobre el conjunto de detección (17), lo que permite medir simultáneamente los espectros de múltiples puntos.

Fig. 1

