

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 621 841**

51 Int. Cl.:

G07D 5/02 (2006.01)

G07D 7/20 (2006.01)

G07D 7/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.01.2013 PCT/EP2013/051814**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.08.2013 WO13113763**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.01.2013 E 13704889 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.01.2017 EP 2810257**

54 Título: **Aparato y método para caracterizar elementos de moneda**

30 Prioridad:

03.02.2012 US 201261594428 P

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

05.07.2017

73 Titular/es:

**CRANE PAYMENT INNOVATIONS, INC. (100.0%)
3222 Phoenixville Pike, Suite 200
Malvern, PA 19355, US**

72 Inventor/es:

**ANOUAR, FATIHA y
BAUDAT, GASTON**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 621 841 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

Aparato y método para caracterizar elementos de moneda

Campo de la descripción

5 La presente descripción se refiere a un aparato y a métodos para caracterizar elementos de moneda. Más en concreto, esta descripción se refiere a un aparato y a métodos de uso de tecnologías de detección por compresión para caracterizar elementos de moneda, en particular empleando una fuente de luz de banda ancha.

Antecedentes

Se pueden utilizar muchos dispositivos para caracterizar elementos de moneda. Por ejemplo, se puede utilizar un dispositivo de validación, que comprende una unidad de validación, para caracterizar un elemento de moneda.

10 Para los propósitos de la descripción, el término moneda y / o elemento de moneda incluye, aunque no se limita a, documentos valiosos, documentos de seguridad, billetes de banco, cheques, facturas, certificados, tarjetas de crédito, tarjetas de débito, tarjetas monedero, tarjetas regalo, cupones, monedas, fichas y documentos de identificación.

15 En tales dispositivos del estado de la técnica, la unidad de validación incluye un módulo de detección que a menudo comprende además una fuente para emitir luz y un receptor para recibir la luz emitida. La validación de un elemento de moneda puede implicar la medición y el análisis de una o ambas de la luz reflejada y la luz transmitida a través de un elemento de moneda. Además, la validación puede incluir, aunque no se limita a, detección, denominación, validación, autenticación de tipo y determinación de la condición de documento.

20 Algunas unidades de validación están dispuestas para utilizar una pluralidad de fuentes emisoras de luz (por ejemplo, diodos emisores de luz (LEDES)) para recoger respuestas reflectantes y / o de transmisión de un elemento de moneda. Generalmente, estas fuentes están configuradas de manera que emiten luz dentro de una banda relativamente estrecha de longitud de onda dentro de un espectro. Más en concreto, las fuentes comúnmente conocidas (por ejemplo, LEOS rojos, LEOS azules o LEOS verdes) tienen típicamente un espectro de emisión con un ancho de banda estrecho (por ejemplo, entre 15 nm y 35 nm). Ejemplos de fuentes comunes pueden incluir
25 fuentes rojas que emiten luz en el intervalo de 640 nm a 700 nm, fuentes azules que emiten luz en el intervalo de 450 nm a 480 nm o fuentes verdes que emiten luz en el intervalo de 520 nm a 555 nm. A menudo, tales fuentes comunes están configuradas para emitir luz dentro de bandas de longitud de onda compatibles con colores conocidos dentro del espectro visible (por ejemplo, luz roja, luz azul y luz verde). La respuesta espectral de un
30 elemento de moneda a ser iluminado con fuentes que tienen emisión dentro de espectros de color conocidos de luz visible puede usarse para determinar diversas características del elemento de moneda. En algunos casos, la luz no visible (por ejemplo, infrarrojos o UV) se puede utilizar para recopilar información de las características de un elemento de moneda.

Una de las limitaciones de tal unidad de validación es que la combinación de espectros de ancho de banda estrecho que son emitidos por cada fuente individual puede generalmente dar lugar a lagunas a través del espectro total de
35 interés. Si bien es posible utilizar un gran número de fuentes de banda estrecha para cubrir el espectro total de interés, tal enfoque no es deseable ya que podría derivar en un aparato de validación muy grande, costoso y poco fiable. Además, la aplicación de tal enfoque puede aumentar la frecuencia de actualizaciones de campo del hardware de la unidad de validación en la medida en que sea deseable ampliar el espectro de interés después de que la unidad de validación ya haya sido desplegada al usuario final. Además, tal solución podría dar lugar a un
40 dispositivo requerido para procesar cantidades muy grandes de datos y, por tanto, no es tan eficiente como se requiere para un aparato de validación de moneda (por ejemplo, una máquina de juegos, una máquina expendedora y una máquina de venta de entradas, etc.) donde el intervalo de tiempo de validación es crítico (por ejemplo, menos de un segundo).

Otras máquinas de procesamiento de imágenes (por ejemplo, escáneres de documentos o fotocopiadoras) utilizan una pluralidad de fuentes y detectores para reproducir o almacenar una imagen de un documento. Tales máquinas de procesamiento de imágenes funcionan de una manera que es análoga al ojo humano en el sentido de que la máquina de procesamiento de imágenes calcula la media de los colores que componen el documento. Así, de
45 manera similar al ojo humano, tales máquinas de procesamiento de imágenes no pueden distinguir entre el documento original y la imagen de documento reproducida. Tales sistemas de formación de imágenes pueden tener una alta resolución espacial, sin embargo, la resolución espectral es limitada.
50

El documento US2011/0090484A1 describe un dispositivo de formación de imágenes multiespectral que tiene un módulo de iluminación y un módulo de detección para autenticar y validar billetes de banco que se mueven a lo largo de un transportador de documentos.

55 Por tanto, existe la necesidad de una unidad de validación más eficiente, de alto rendimiento, fiable y / o más económica. El solicitante considera que la presente descripción aborda algunas de las preocupaciones mencionadas y / u otras preocupaciones.

Breve descripción

En las reivindicaciones 1 a 15, se describen aspectos de la invención.

5 Un aparato de validación comprende una fuente de luz que puede emitir un espectro de luz de banda ancha para iluminar un elemento de moneda. El aparato de validación también incluye un receptor configurado para recibir luz emitida por la fuente de luz. En otro aspecto que puede utilizarse en combinación con el aspecto anterior, el aparato de validación también incluye una unidad de transporte configurada para transportar el elemento de moneda dentro del aparato de validación. En otro aspecto que puede usarse en combinación con los aspectos anteriores, el aparato de validación también incluye un procesador configurado para reconstruir una respuesta espectral del elemento de moneda. En este diseño, la luz recibida por el receptor comprende al menos una parte de luz reflejada por elemento de moneda o transmitida a través del mismo.

10 En algunas implementaciones de cualquiera de los aspectos anteriores, el aparato de validación puede comprender variables de clasificación almacenadas. Opcionalmente, la fuente de luz puede emitir luz en el espectro de luz visible y no visible.

15 En algunas realizaciones de cualquiera de los aspectos anteriores, el receptor puede comprender un fotodetector de banda ancha y un conjunto de filtros ópticos acoplados al fotodetector. En este diseño, el conjunto de filtros ópticos puede comprender una pluralidad de filtros ópticos configurados para filtrar luz a diferentes longitudes de onda. En un aspecto que puede usarse en combinación con cualquiera de los aspectos anteriores, el procesador puede estar configurado para controlar selectivamente un filtro óptico para su acoplamiento con el fotodetector.

20 En algunas implementaciones que pueden aplicarse también en combinación con los aspectos anteriores, el receptor puede comprender una pluralidad de fotodetectores de banda ancha, en los que cada fotodetector está configurado para filtrar luz a diferentes longitudes de onda. En algunos diseños de cualquiera de los aspectos anteriores, la fuente de luz puede comprender una pluralidad de diodos emisores de luz configurados para emitir luz a diferentes longitudes de onda. Opcionalmente, las diferentes longitudes de onda son linealmente independientes. En otros aspectos que pueden usarse en combinación con cualquiera de los aspectos anteriores, las longitudes de onda de diodos emisores de luz pueden seleccionarse para minimizar una coherencia.

25 En algunos diseños que pueden usarse en combinación con cualquiera de los aspectos anteriores, la pluralidad de diodos emisores de luz puede comprender un LED azul, en el que se utilizan fósforos para controlar una emisión espectral del LED azul. En algunas implementaciones, la pluralidad de diodos emisores de luz puede comprender además o de manera alternativa un LED ultravioleta, en el que se utilizan fósforos para controlar una emisión espectral del LED ultravioleta. En otras implementaciones, la pluralidad de diodos emisores de luz puede comprender además o de manera alternativa un LED infrarrojo. En algunas implementaciones, la fuente de luz puede comprender al menos tres diodos emisores de luz configurados para emitir luz a diferentes longitudes de onda. En otras implementaciones, la fuente de luz puede comprender al menos seis diodos emisores de luz configurados para emitir luz a diferentes longitudes de onda.

35 En un aspecto que se puede usar en combinación con cualquiera de los aspectos anteriores, el procesador puede estar configurado además para controlar de manera independiente cada uno de la pluralidad de diodos emisores de luz. En otro aspecto que puede usarse en combinación con el aspecto anterior, cada uno de la pluralidad de diodos emisores de luz puede activarse de una manera predeterminada.

40 En algunas implementaciones de cualquiera de los aspectos anteriores, el aparato de validación puede comprender un algoritmo de minimización L1 almacenado (véase, por ejemplo, L1 minimization R. Tibshirani, "Regression shrinkage and selection via the lasso," J. Roy. Stat. Soc. Ser. B, vol. 58, nº. 1, págs. 267-288, 1996). En este diseño, el algoritmo de minimización L1 puede comprender opcionalmente un algoritmo voraz (véase, por ejemplo, Greedy algorithms J.A. Tropp and A.C. Gilbert. "Signal recovery from random measurements via orthogonal matching pursuit." IEEE Trans. on Info. Theory, 53(12):4655-4666, 2007). En otro aspecto que puede usarse en combinación con cualquiera de los aspectos anteriores, el aparato de validación puede comprender una matriz de representación almacenada, en el que la matriz de representación se utiliza para pasar de un espacio de función no dispersa a un espacio de función dispersa. En este diseño, el procesador puede estar configurado además para aplicar criterios de aceptación a la respuesta espectral reconstruida para determinar si el elemento de moneda pertenece a una clase predeterminada de moneda. En un aspecto que puede usarse en combinación con cualquiera de los aspectos anteriores, la respuesta espectral se reconstruye en base a la matriz de representación almacenada y a la pluralidad de mediciones. En algunas implementaciones de cualquiera de los aspectos anteriores, la matriz de representación comprende un diccionario obtenido por aprendizaje.

55 En otro aspecto, en el presente documento se describe un método de validación de un elemento de moneda. El método puede incluir las etapas de transportar el elemento de moneda dentro del aparato de validación, emitir un espectro de luz de banda ancha para iluminar un elemento de moneda, recibir al menos una parte de la luz reflejada por el elemento de moneda o transmitida a través del mismo, emitida por la fuente de luz, y reconstruir a través de un procesador, una respuesta espectral del elemento de moneda.

5 En algunas implementaciones que pueden usarse en combinación con el aspecto anterior, la luz puede ser emitida en el espectro de luz visible y / o no visible. En algunos aspectos que pueden usarse en combinación con cualquiera de los aspectos anteriores, el receptor puede comprender un fotodetector de banda ancha y un conjunto de filtros ópticos acoplados al fotodetector. En algunos diseños, el conjunto de filtros ópticos puede comprender una pluralidad de filtros ópticos configurados para filtrar luz a diferentes longitudes de onda. En algunas implementaciones de cualquiera de los aspectos anteriores, el procesador puede estar configurado para controlar selectivamente un filtro óptico para su acoplamiento con el fotodetector.

10 En algunos aspectos que pueden utilizarse en combinación con cualquiera de los aspectos anteriores, el método de validación de un elemento de moneda también puede incluir la etapa de almacenar un algoritmo de minimización L1. En algunas implementaciones de cualquiera de los aspectos anteriores, el método también puede incluir la etapa de almacenar variables de clasificación.

15 En algunos diseños de cualquiera de los aspectos anteriores, la luz se emite utilizando una fuente de luz que comprende una pluralidad de diodos emisores de luz configurados para emitir luz a diferentes longitudes de onda. En un aspecto, las diferentes longitudes de onda pueden ser linealmente independientes. En otro aspecto que también se puede aplicar en combinación con cualquiera de los aspectos anteriores, los diodos emisores de luz pueden seleccionarse para minimizar una coherencia con el espacio de representación. En algunos aspectos que pueden usarse en combinación con cualquiera de los aspectos anteriores, la pluralidad de diodos emisores de luz puede comprender un LED azul, en el que se utilizan fósforos para controlar una emisión espectral del LED azul. En otros aspectos que pueden usarse en combinación con el aspecto anterior, la pluralidad de diodos emisores de luz puede comprender además o de manera alternativa un LED ultravioleta, en el que se utilizan fósforos para controlar una emisión espectral del LED ultravioleta. En otros aspectos que pueden usarse en combinación con el aspecto anterior, la pluralidad de diodos emisores de luz puede comprender además o de manera alternativa un LED infrarrojo.

25 En algunas implementaciones de cualquiera de los aspectos anteriores, la pluralidad de diodos emisores de luz puede incluir al menos tres diodos emisores de luz. En otras implementaciones de cualquiera de los aspectos anteriores, la pluralidad de diodos emisores de luz puede incluir al menos seis diodos emisores de luz. En un aspecto que puede usarse en combinación con cualquiera de los aspectos anteriores, el procesador puede estar configurado para llevar a cabo la etapa de controlar de manera independiente cada uno de la pluralidad de diodos emisores de luz. En otros aspectos que pueden utilizarse en combinación con cualquiera de los aspectos anteriores, cada uno de la pluralidad de diodos emisores de luz puede activarse de una manera predeterminada.

35 En algunos diseños de cualquier combinación de los aspectos anteriores, también se puede incluir una etapa de almacenamiento de una matriz de representación que puede usarse para pasar de un espacio de función no dispersa a un espacio de función dispersa. Dispersión expresa la idea de que la tasa de información de una señal puede ser mucho menor de lo sugerido por su ancho de banda. Muchas señales de N coeficientes pueden ser representadas en otro espacio (llamado espacio de representación) donde sólo S coeficientes no son ceros, donde $S \ll N$, se dice entonces que la señal es S -dispersa. La señal original con N coeficientes no ceros se dice que no es dispersa frente a su nueva representación donde sólo S coeficientes no son ceros. Opcionalmente, el procesador puede estar configurado además para llevar a cabo la etapa de aplicar criterios de aceptación a la respuesta espectral reconstruida para determinar si el elemento de moneda pertenece a una clase predeterminada de moneda. En un aspecto que puede usarse en combinación con los aspectos anteriores, la respuesta espectral se reconstruye en base a la matriz de representación almacenada y a la pluralidad de mediciones. En algunas implementaciones de cualquiera de los aspectos anteriores, la matriz de representación puede comprender un diccionario obtenido por aprendizaje.

Estas y otras características de la invención se describen en detalle a continuación.

45 Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es una vista esquemática de una unidad de validación;

La figura 2 es una vista esquemática de un módulo sensor;

La figura 3 es una vista en perspectiva de una rueda de filtros ejemplar;

La figura 4 es un organigrama que ilustra el diseño de un diccionario obtenido por aprendizaje;

50 La figura 5 es un organigrama que ilustra la validación de un elemento de moneda de acuerdo con una realización;

La figura 6 es una vista esquemática del módulo sensor de acuerdo con una realización;

La figura 7 es una vista esquemática del módulo sensor de acuerdo con una realización;

La figura 8 es una vista esquemática del módulo sensor de acuerdo con una realización;

La figura 9 es una vista esquemática del receptor de acuerdo con una realización;

La figura 10 es una vista esquemática del módulo sensor de acuerdo con una realización;

La figura 11 es un gráfico que ilustra los espectros de una pluralidad de diodos emisores de luz de acuerdo con una realización;

5 La figura 12 es un gráfico que ilustra el seguimiento del espectro real del elemento de moneda mediante el espectro reconstruido;

La figura 13 es un gráfico que ilustra el seguimiento del espectro real del elemento de moneda mediante el espectro reconstruido;

La figura 14 es un gráfico que ilustra el seguimiento del espectro real del elemento de moneda mediante el espectro reconstruido;

10 La figura 15 es un organigrama que ilustra un algoritmo utilizado para diseñar una matriz de representación de acuerdo con una realización;

La figura 16 es un organigrama que ilustra un algoritmo de minimización L1 de acuerdo con una realización.

Descripción detallada

15 En el presente documento se describen un aparato y métodos de validación de moneda de alta resolución espectral y de bajo coste. En un aspecto, el aparato de validación de moneda incluye una unidad de detección configurada para mejorar la resolución espectral usando una fuente de luz específica (o unidad de detección específica) en combinación con procesamiento avanzado tal como técnicas de detección por compresión (véase, por ejemplo, Compressive sensing E. Candès, J. Romberg, and T. Tao, "Robust uncertainty principles: Exact signal reconstruction from highly incomplete frequency information", IEEE Trans. Inform. Theory, vol. 52, nº. 2, págs. 489-509, febrero 2006 E. Candès and M. Wakin, "An introduction to compressive sampling", IEEE Signal Processing Magazine, vol. 25(2), págs. 21 - 30, marzo 2008). En otro aspecto que puede usarse en combinación con el aspecto anterior, el aparato de validación de moneda puede realizar técnicas de detección por compresión para reconstruir una respuesta espectral de alta resolución de un elemento de moneda usando una fuente de luz de banda ancha, tal como una pluralidad de LEDES revestidos con fósforos. Aunque pueden utilizarse LEDES personalizados y / o fósforos personalizados, no son necesarios de acuerdo con algunas realizaciones. En algunas realizaciones, se pueden usar fósforos disponibles comercialmente listos para la venta con LEDES estándar. En otros aspectos que pueden usarse en combinación con cualquiera de los aspectos anteriores, el aparato de validación de moneda puede llevar a cabo técnicas de detección por compresión para reconstruir una respuesta espectral del elemento de moneda usando una fuente de luz de banda ancha y una pluralidad de filtros de receptor revestidos de fósforos listos para la venta, acoplados ellos mismos operativamente a al menos un sensor de detección. La detección por compresión de la respuesta espectral del elemento de moneda utilizando una fuente de luz de banda ancha puede facilitar la validación a bajo coste de un elemento de moneda con una resolución espectral mejorada.

20 Tal como se utiliza en esta descripción, un espectro de banda ancha se refiere a un espectro de emisión que tiene una intensidad relativamente constante a través del espectro completo (por ejemplo, visible y / o no visible) o una intensidad relativamente constante a través de un ancho de banda relativamente amplio (por ejemplo 100 nm, 200 nm, 500 nm, 1 μ m, 10 μ m, 100 μ m, 1 mm).

25 En algunas implementaciones, tal como se muestra en la figura 1, una unidad de validación 10 puede incluir un módulo sensor 100, un almacén de elementos de moneda 30, una unidad de transporte 20 y un procesador (no mostrado). En este diseño, el procesador está configurado para controlar el módulo sensor 100, el almacén de elementos de moneda 30 y la unidad de transporte 20 para validar elementos de moneda (no mostrados) insertados en el mismo y para transportar los elementos de moneda desde la unidad de validación 10, a través del módulo sensor 100, y hasta el almacén 30 en el caso de un elemento de moneda aceptable.

30 En algunas realizaciones, tal como se muestra en la figura 2, el módulo sensor 100 puede comprender una fuente de luz de banda ancha 110 y un receptor 120. En algunas implementaciones, el procesador está configurado para reconstruir una respuesta espectral del elemento de moneda 130, que es transportado a la unidad de validación 10 y a través de la misma, a través de la unidad de transporte 20. La respuesta espectral reconstruida se basa en la medición recibida y almacenada.

35 Según se utiliza en el presente documento, una base es una matriz de representación para pasar de un espacio de función no dispersa a un espacio de función dispersa. En algunas implementaciones, se implementa un diccionario. Un diccionario es una base aprendida.

40 El procesador está configurado además para aplicar criterios de aceptación mediante los cuales se puede aceptar o no el elemento de moneda, en vista de la respuesta espectral reconstruida. Los criterios de aceptación pueden ser un proceso de análisis que incluye, aunque no se limita a, distancia de Malahanobis (distancia de Malahanobis se conoce como la medida de distancia desarrollada por PC Malahanobis en 1936 y está bien descrita en la literatura, por ejemplo, Hazewinkel, Michael, ed. (2001) "Mahalanobis distance", Encyclopedia of Mathematics, Springer, ISBN 978-1-55608-010-4), Support Vector Machine (Support Vector Algorithm or Machine (SVM): bien descrito en la

literatura aunque también descrito en las solicitudes de patente US2009/0307167 A1 y US 7648016. Véase también, V. Vapnik. Statistical Learning Theory. John Wiley and Sons, Inc., New York, 1998), o cualquier otro proceso mediante el cual se evalúan al menos dos elementos de moneda para clasificar elementos de moneda conocidos y desconocidos. Sin embargo, un experto en la técnica comprenderá que se pueden usar otros criterios para determinar si puede ser aceptado un billete tales como, aunque sin limitarse a, características dimensionales.

En algunas realizaciones, la fuente de luz 110 puede emitir un espectro de luz de banda ancha para iluminar un elemento de moneda 130. En una implementación, la fuente de luz 110 puede emitir luz en el espectro visible, en el espectro no visible o en cualquier combinación de los mismos. El receptor 120 está configurado para recibir al menos una parte de la luz emitida por la fuente de luz 110 y reflejada por el elemento de moneda 130 o transmitida a través del mismo. La unidad de transporte (no mostrada) está configurada para transportar el elemento de moneda dentro del aparato de validación. El procesador (no mostrado) puede estar configurado para obtener mediciones espectrales Y, tales como la luz reflejada por puntos o transmitida a través de los mismos, a lo largo del elemento de moneda 130, y configurado además para reconstruir un espectro de alta resolución Z del elemento de moneda 130 en base a las mediciones espectrales Y.

En otros aspectos que pueden utilizarse en combinación con cualquiera de los aspectos anteriores, el procesador puede estar configurado para aplicar criterios de aceptación al espectro de alta resolución Z para determinar si el elemento de moneda 130 pertenece a una clasificación predeterminada de moneda. En una implementación, el procesador puede estar configurado para evaluar cada punto de evaluación predeterminado en base a todo el grupo de elementos de moneda posiblemente válidos aceptados por la unidad de validación 10. Debe entenderse que una clasificación predeterminada de moneda puede incluir elementos de moneda auténticos, elementos de moneda no auténticos conocidos (por ejemplo, falsificados) y elementos de moneda no auténticos desconocidos.

Sin embargo, debe entenderse que el procesador puede estar configurado para aplicar criterios de aceptación de muchas maneras diferentes. Por ejemplo, el procesador puede estar configurado para preclasificar el elemento de moneda 130, determinando el tipo de moneda (por ejemplo, denominación). Aunque en una realización, el procesador puede estar configurado para preclasificar el elemento de moneda 130 antes de reconstruir un espectro de alta resolución Z, debe entenderse que el procesador también puede estar configurado para preclasificar el elemento de moneda 130 en paralelo a otros procesos, tales como, aunque no limitados a, memoria de acceso, inicialización de algoritmo, cálculos, reconstrucción de espectro de alta resolución, clasificación o cualquier combinación de los mismos. En otros aspectos que pueden utilizarse en combinación con cualquiera de los aspectos anteriores, los criterios de aceptación pueden aplicarse para rechazar el elemento de moneda 130 en la medida en que el elemento de moneda 130 no pertenezca a ninguna clasificación conocida. Sin embargo, debe entenderse que, en algunas implementaciones, los criterios de aceptación pueden ser aplicados para aceptar el elemento de moneda 130 en la medida en que se determine que el elemento de moneda es un elemento de moneda desconocido no auténtico (por ejemplo, falsificado), lo que justifica una evaluación adicional. También se entenderá que los elementos de moneda conocidos pueden incluir tanto monedas auténticas como no auténticas (por ejemplo, falsificaciones).

En una implementación, tal como se muestra en las figuras 2 y 3, la unidad de validación 10 puede comprender además un conjunto de filtros ópticos 200 acoplados ópticamente al receptor 120. En algunos diseños, el conjunto de filtros ópticos 200 incluye una pluralidad de filtros ópticos 210 y el procesador está configurado para controlar la selección del filtro óptico 210 para su acoplamiento con el receptor 120. En algunas realizaciones, el receptor 120 puede comprender un fotodetector. Sin embargo, debe entenderse que el receptor 120 puede comprender también una pluralidad de fotodetectores, en el que cada fotodetector está acoplado a un filtro óptico.

La unidad de validación 10 comprende además un dispositivo de almacenamiento que almacena la base (es decir, la matriz de representación) que se utiliza para transformar las mediciones espectrales Y en una señal de espectro disperso Θ . La unidad de validación 10 puede estar configurada también para almacenar un algoritmo de minimización L1 (por ejemplo, un algoritmo voraz tal como una búsqueda de coincidencia) utilizado por el procesador durante la transformación de las mediciones espectrales Y en la señal de espectro disperso Θ . Por ejemplo, el procesador puede estar configurado para almacenar un algoritmo de minimización L1 que encuentre la señal de espectro disperso Θ que reconstruye el espectro óptimo X, en base a las mediciones espectrales Y conocidas y la matriz de detección $\Phi = (\phi_1, \dots, \phi_m)$, según la siguiente ecuación:

$$\min_{\Theta} \|\Theta\|_{L_1} \quad \text{s. t. } y = \Phi x \quad \text{(ecuación 1)}$$

El procesador está configurado para reconstruir el espectro de alta resolución Z resolviendo el producto escalar de la matriz de representación (por ejemplo, diccionario obtenido por aprendizaje) y la señal de espectro disperso Θ . En otros aspectos que pueden utilizarse también en combinación con cualquiera de los aspectos anteriores, la unidad de validación 10 puede estar configurada para almacenar un subconjunto de variables de clasificación W (para cada elemento de moneda validado), que se utilizan para clasificar el elemento de moneda 130.

La base, el algoritmo de minimización L1, el subconjunto de variables W o cualquier combinación de los mismos, se pueden almacenar en uno o más dispositivos de memoria acoplados al procesador. Sin embargo, una persona

normalmente versada en la materia entenderá que se puede usar cualquier tecnología de almacenamiento para almacenar, tal como, aunque no limitada a, servidores remotos, discos duros, unidades de estado sólido, unidades de cinta magnética o cualquier combinación de los mismos.

5 Con el fin de validar un elemento de moneda 130 en un aparato de validación 10 usando técnicas de detección por compresión, pueden realizarse las siguientes etapas. Se puede almacenar o cargar determinada información y algoritmos en el aparato de validación 10. Como se describirá en secciones posteriores de la descripción, tal información y / o algoritmos pueden obtenerse en el laboratorio, la instalación de fabricación u otra ubicación. En algunas implementaciones, tal como se muestra en las etapas 310 a 370 de la figura 4, una base (es decir, una matriz de representación), un algoritmo de minimización L1 y un subconjunto de variables de clasificación W (para cada billete a validar) se pueden almacenar en la memoria (no mostrada) de un aparato de validación 10. En algunas realizaciones, la base puede comprender un diccionario D.

15 Con referencia a la figura 5, tras la inserción de un elemento de moneda 130 en el aparato de validación 10, el elemento de moneda 130 es transportado a sensores de validación, los cuales obtienen mediciones espectrales Y del elemento de moneda 130 insertado. Las mediciones espectrales Y obtenidas pueden comprender luz reflejada por el elemento de moneda 130 o luz transmitida a través del mismo usando un módulo sensor 100, como se muestra en la etapa 410. En la etapa 420, el aparato de validación 10 recupera una base, tal como el diccionario D, de un dispositivo de almacenamiento, e inicializa un algoritmo de minimización L1 almacenado. En la etapa 430, el diccionario D junto con el algoritmo de minimización L1 se aplica a las mediciones espectrales Y para calcular una señal de espectro disperso Θ . En la etapa 440, se calcula el producto escalar del diccionario D y la señal de espectro disperso Θ para obtener un espectro de alta resolución Z del elemento de moneda 130. En la etapa 450 se inicializa un algoritmo de clasificación en el aparato de validación 10. En la etapa 460, el elemento de moneda insertado se clasifica utilizando el subconjunto de variables de clasificación W. En esta operación, el aparato de validación 10 evalúa cada punto de evaluación predeterminado en base a todo el grupo de posibles elementos de moneda válidos aceptados por la unidad de validación 10.

25 Refiriéndonos a las figuras 12-14, se muestra el seguimiento del espectro real mediante el espectro de alta resolución de espectro reconstruido.

30 En algunas implementaciones, refiriéndonos de nuevo a la figura 5, el aparato de validación 10 puede estar configurado para determinar el tipo de moneda insertada (por ejemplo, denominación) antes de realizarse las etapas 420 - 440. Esto puede permitir un proceso de clasificación más eficiente ya que solo hay que evaluar el subconjunto de variables de clasificación W para el elemento de moneda identificado 130 que se insertó durante la clasificación. Por ejemplo, en la etapa 411, el aparato de validación 10 determina si el elemento de moneda insertado 130 es de un tipo conocido. Si el resultado de la etapa 411 es sí, el aparato de validación 10 inicializa solamente la variable de clasificación W para el elemento de moneda identificado 130. Si el resultado de la etapa 411 es no, el aparato de validación 10 no inicializa una variable de clasificación de subconjunto específica W y funciona como se ha descrito anteriormente.

35 En algunas realizaciones, tal como se muestra en la figura 6, el módulo sensor 100 puede incluir una fuente de luz 510, comprendiendo ella misma una pluralidad de diodos emisores de luz configurados para emitir luz a diferentes longitudes de onda. En algunas realizaciones, la pluralidad de LEDES puede comprender LEDES azules, LEDES ultravioletas, LEDES infrarrojos, o cualquier combinación de los mismos. En algunas realizaciones, los LEDES pueden comprender LEDES azules o LEDES ultravioleta o combinaciones de los mismos. En algunas realizaciones, los LEDES pueden comprender LEDES azules. En algunas realizaciones, la pluralidad de LEDES puede comprender LEDES disponibles listos para la venta, sin embargo, debe entenderse que la pluralidad de LEDES puede comprender LEDES personalizados, LEDES disponibles listos para la venta o cualquier combinación de los mismos. Algunos o todos los LEDES pueden ser dopados con fósforos para desplazar el contenido espectral de la luz emitida, y para proporcionar la cobertura espectral deseada. En otros aspectos que pueden usarse en combinación con cualquiera de los aspectos anteriores, la pluralidad de LEDES, pueden ser dopados con fósforos listos para la venta, fósforos personalizados o cualquier combinación de los mismos.

50 Opcionalmente, el receptor 520 puede comprender también una pluralidad de receptores, configurados para recibir luz a diferentes longitudes de onda. Refiriéndonos a la figura 7, la pluralidad de diodos emisores de luz 610a, 610b y 610c pueden intercalarse con la pluralidad de receptores 620a, 620b y 620c para facilitar la medición tanto de la luz transmitida como de la luz reflejada por el elemento de moneda 130.

55 En algunas implementaciones, tal como se muestra en la figura 8, el módulo sensor 100 puede incluir una fuente de luz 710, comprendiendo ella misma una pluralidad de filtros ópticos 730, configurados para filtrar la luz a una banda de longitudes de onda. En este diseño, el receptor 720 puede comprender un sensor de imagen. Por ejemplo, refiriéndonos a las figuras 8 y 9, el receptor 820 puede comprender un sensor de imagen, él mismo comprendiendo una pluralidad de píxeles.

60 En algunas implementaciones, tal como se muestra en la figura 10, el módulo sensor 100 puede incluir una fuente de luz 910, y un receptor 920 que comprende una pluralidad de fotodetectores. En algunos diseños, el receptor 920 también puede incluir una pluralidad de filtros ópticos 930, configurados para filtrar la luz a una banda de longitudes de onda.

5 En algunas realizaciones, tal como se muestra en la figura 11, las longitudes de onda de diodos emisores de luz pueden seleccionarse opcionalmente para que sean linealmente independientes. Tal como se ilustra en la figura, los diodos emisores de luz también pueden seleccionarse para minimizar la coherencia con el espacio de representación. En un diseño, el procesador puede estar configurado para controlar de manera independiente cada uno de la pluralidad de diodos emisores de luz. En una implementación, cada uno de la pluralidad de diodos emisores de luz puede ser energizado de una manera predeterminada.

Con el fin de efectuar la aplicación de validación de un elemento de moneda en un aparato de validación que emplea técnicas de detección por compresión, pocas operaciones pueden realizarse en un laboratorio, una instalación de fabricación u otro lugar separado del aparato de validación 10.

10 Para llevar a cabo la validación de un elemento de moneda 130 usando técnicas de detección por compresión en un aparato de validación 10, se debe definir una base (es decir, una matriz de representación) para pasar de un espacio de función no dispersa a un espacio de función dispersa. En algunas implementaciones, se aprende una base en el laboratorio. Por ejemplo, una base aprendida puede ser un diccionario D para transformar mediciones no dispersas Y o espectro X en una señal de espectro disperso Θ .

15 En algunas implementaciones, una pluralidad de mediciones o espectro se pueden obtener usando un dispositivo de medición de alta resolución espectral tal como un espectrofotómetro, tal como se muestra en la etapa 310 de la figura 4. Esta pluralidad de mediciones de contenido espectral, se pueden almacenar en una base de datos de referencia tal como se utiliza para establecer un diccionario D. En algunas implementaciones, la aplicación de un algoritmo de minimización L1 (por ejemplo, algoritmo de búsqueda de coincidencia) a una base de datos de mediciones de alta resolución espectral Y se utiliza para aprender el diccionario D, como se muestra en la etapa 20 320.

Una vez que el diccionario D se ha determinado en la etapa 320, se puede utilizar un dispositivo de baja resolución (por ejemplo, un validador de billetes estándar) para adquirir mediciones de un elemento de moneda 130 de muestra, tal como se muestra en la etapa 330. Sin embargo, se ha de entender que se pueden utilizar otros dispositivos para adquirir mediciones de un elemento de moneda de muestra, tal como, aunque no limitado a, un espectrofotómetro de alta resolución. En la etapa 340, el diccionario D en combinación con un algoritmo de minimización L1 se aplica a las mediciones Y obtenidas en la etapa 330. La salida de la etapa 340 es el cálculo de una señal de espectro disperso Θ de mediciones Y. En la etapa 350, el producto escalar de la señal de espectro disperso Θ y del diccionario D se calcula para alcanzar un espectro de alta resolución Z de señal de espectro disperso Θ . 30

En la etapa 360, se puede utilizar un algoritmo de reducción de datos (por ejemplo, selección de variables, selección de vector de características (FVS) (selección de vector de características (FVS): es un algoritmo descrito, por ejemplo, en el documento US 7.648.016), o una máquina de vectores de soporte (SVM)) para determinar un subconjunto de frecuencia o variables W para usar en un proceso de clasificación posterior en una unidad de validación 10. El algoritmo de reducción de datos se utiliza para determinar el subconjunto de variables de espectro de alta resolución Z que proporcionan la separación más grande en un proceso de clasificación entre elementos de moneda válidos y no válidos para un punto o píxel dado. En la etapa 370, el diccionario D definido, un algoritmo de minimización L1 y un subconjunto de variables de clasificación W se pueden almacenar (por ejemplo, en la memoria) en una unidad de validación 10. 35

40 Es importante entender que las etapas 330 - 370 pueden ser realizadas para cada elemento de moneda deseado 130 por un aparato de validación 10 que esté configurado para validar en ese campo.

Tal como se señaló anteriormente, en algunas realizaciones, como se muestra generalmente en las etapas 310 - 370 de la figura 4, se puede desarrollar una matriz de representación, tal como un diccionario obtenido por aprendizaje, para pasar de un espacio de función no dispersa a un espacio de función dispersa. El criterio general de diseño es permitir la identificación única de un espectro reconstruido de una señal X a partir de sus mediciones Y, en donde la matriz de detección $\Phi = (\phi_1, \dots, \phi_m)$, e $Y = \Phi X$. La señal de interés $x = \sum_{i=1}^n A_i \theta_i$, de dimensión n, a menudo se puede expresar mediante una señal elemental de combinación lineal A_i denominada átomos, en el que el vector de coeficiente $\Phi = (\theta_1, \dots, \theta_n)$. 45

Una pluralidad de mediciones o espectro se pueden obtener usando un dispositivo de medición de alta resolución espectral tal como un espectrofotómetro, como se muestra generalmente en la etapa 1000 de la figura 15, para inicializar la matriz de representación almacenada. 50

La representación dispersa Θ puede diseñarse mediante alternancia entre dos etapas de estimación y maximización, hasta que se alcance un error objetivo fijo.

55 En algunas realizaciones, tal como se muestra en la etapa 1010, la estimación puede llevarse a cabo mediante la ejecución de un algoritmo de minimización L1 en un diccionario. Por ejemplo, después de que el diccionario D se inicializa, el algoritmo de minimización L1 puede ser ejecutado de acuerdo con la siguiente restricción:

$$\begin{aligned} & \min_{\theta} \|\theta\|_{L_1} \\ \text{s. t. } & \|Y - \Phi D \theta\|_F < \varepsilon \end{aligned} \quad (\text{ecuación 2})$$

Tal algoritmo, como se describe en la ecuación 2, que se basa en la minimización L1, se puede resolver utilizando varias técnicas diferentes que incluyen, aunque no se limitan a, el uso de optimización convexa, algoritmos voraces, o cualquier combinación de los mismos.

5 Por ejemplo, en la ecuación 2, se puede encontrar una señal dispersa, $\Theta = (\theta_1, \dots, \theta_n)$, mediante el uso de un algoritmo voraz que reduzca de forma iterativa restricciones de dispersión sometidas a la restricción de que el error de reconstrucción, expresado como una norma de Frober $\|y - \Phi\hat{\theta}\|_F$ debe ser minimizado a un error de objetivo fijo, ϵ .

10 Algoritmos voraces, tales como, aunque sin limitarse a, algoritmos de búsqueda de coincidencia pueden resolver este problema mediante la adición sucesiva de nuevos átomos en una aproximación dispersa $A_i\theta_i$ con el objetivo de minimizar el residuo i^{th} : $r_i = \theta - A_i\theta_i$, donde A_i es el átomo i^{th} de la matriz de representación. Sin embargo, se debe entender que se pueden utilizar otros algoritmos voraces para resolver este problema, tales como, aunque sin limitarse a, algoritmos de búsqueda de coincidencia ortogonal, un método de dirección óptima, algoritmos de umbralización, o cualquier combinación de los mismos.

15 Cada repetición del algoritmo voraz, tal como se muestra en la figura 16, puede comprender las etapas 1100 y 1110. En la etapa 1100, un átomo que tiene el mayor producto escalar con el residuo se puede encontrar y posteriormente añadir a los átomos seleccionados de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\theta_i = \operatorname{argmax}_{\theta \in A} |\langle r_{i-1} | \theta \rangle| \quad (\text{ecuación 3})$$

20 En la etapa 1110, los coeficientes θ_i y el residuo r_i se actualizan de acuerdo con las siguientes reglas de búsqueda de coincidencia o de búsqueda de coincidencia ortogonal:

$$r_i = r_{i-1} - \langle r_{i-1} | A_i \rangle A_i \quad (\text{ecuación 4})$$

$$r_i = r_{i-1} - A_i (A_i^t A_i)^{-1} A_i^t r_{i-1} \quad (\text{ecuación 5})$$

25 Por tanto, en la etapa 1120, el nuevo error de aproximación $\|r_i\|_{L_2}$ expresado como una norma L_2 , puede minimizarse. Refiriéndonos de nuevo a la figura 15, en la etapa 1020, se encontró un diccionario actualizado D que minimiza la norma de Frobenius de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\min_D \|X - D\hat{\Theta}\|_F \quad (\text{ecuación 6})$$

30 La figura 15 ilustra un método ejemplar de minimización L1, la etapa 1010 que utiliza un algoritmo de búsqueda de coincidencia, las etapas 1100 - 1120 para encontrar un vector de coeficiente disperso, Θ , que minimiza el error de reconstrucción. Debe quedar claro para una persona normalmente versada en la técnica que se pueden utilizar otros métodos para minimizar el error de reconstrucción sin apartarse del espíritu y el ámbito de aplicación de la presente descripción. Por ejemplo, muchos algoritmos diferentes, tales como, aunque no limitados a, algoritmos basados en minimización L1 u otros algoritmos voraces, algoritmos de umbralización, un método de dirección óptima, o cualquier combinación de los mismos, se pueden utilizar para minimizar el error de reconstrucción.

35 Una vez que la matriz de representación está diseñada, se puede almacenar. Refiriéndonos de nuevo a la figura 15, en la etapa 370, se almacena la matriz de representación.

El aparato y métodos de validación descritos en este documento son de naturaleza ilustrativa y no se pretende que sean limitativos de ninguna manera. Los expertos en la técnica apreciarán variaciones que no se apartan del ámbito de aplicación de la presente descripción, las cuales están incluidas en la presente descripción.

REIVINDICACIONES

1. Aparato de validación (10) que comprende:
una fuente de luz (110) que puede emitir un espectro de luz de banda ancha para iluminar un elemento de moneda (130);
- 5 un receptor (120) configurado para recibir luz emitida por la fuente de luz,
en el que la luz recibida por el receptor (120) comprende al menos una parte de luz reflejada por el elemento de moneda (130) o transmitida a través del mismo;
una unidad de transporte (20) configurada para transportar el elemento de moneda dentro del aparato de validación;
un procesador configurado para obtener una medición espectral de la luz recibida por el receptor;
- 10 un dispositivo de almacenamiento que almacena una base, caracterizado por que el procesador está configurado además para utilizar la base para transformar la medición espectral en una señal de espectro disperso; y
reconstruir una respuesta espectral del elemento de moneda (130) usando la señal de espectro disperso y la base almacenada.
2. Aparato según la reivindicación 1, que comprende además variables de clasificación almacenadas.
- 15 3. Aparato según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que la fuente de luz emite luz en el espectro de luz visible y / o no visible.
4. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el receptor comprende:
un fotodetector de banda ancha;
- 20 un conjunto de filtros ópticos acoplados al fotodetector, comprendiendo el conjunto de filtros ópticos una pluralidad de filtros ópticos configurados para filtrar luz a diferentes longitudes de onda;
en el que el procesador está configurado para controlar de manera selectiva un filtro óptico para su acoplamiento con el fotodetector.
5. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el receptor comprende una pluralidad de fotodetectores de banda ancha, en el que cada fotodetector está configurado para filtrar luz a diferentes longitudes de onda.
- 25 6. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que la fuente de luz comprende una pluralidad de diodos emisores de luz configurados para emitir luz a diferentes longitudes de onda.
7. Aparato según la reivindicación 6, en el que las diferentes longitudes de onda son linealmente independientes.
- 30 8. Aparato según las reivindicaciones 6 y 7, en el que la pluralidad de diodos emisores de luz puede comprender uno de los siguientes: un LED azul, un LED ultravioleta o un LED infrarrojo, en el que se utilizan fósforos para controlar una emisión espectral del LED azul, el LED ultravioleta o el LED infrarrojo, respectivamente.
9. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, en el que la fuente de luz comprende al menos tres diodos emisores de luz o al menos seis diodos emisores de luz configurados para emitir luz a diferentes longitudes de onda.
- 35 10. Aparato según las reivindicaciones 8 y 9, en el que el procesador está configurado además para controlar de manera independiente cada uno de la pluralidad de diodos emisores de luz.
11. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un algoritmo de minimización L1 almacenado, preferiblemente en el que el algoritmo de minimización L1 comprende un algoritmo voraz.
- 40 12. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la base almacenada es una matriz de representación utilizada para pasar de un espacio de función no dispersa a un espacio de función dispersa.
13. Aparato según la reivindicación 1, en el que el procesador está configurado además para:
aplicar criterios de aceptación a la respuesta espectral reconstruida para determinar si el elemento de moneda pertenece a una clase predeterminada de moneda.
- 45 14. Aparato según la reivindicación 12, en el que la matriz de representación comprende un diccionario obtenido por aprendizaje.
15. Método de validación de un elemento de moneda que comprende las etapas de:

- transportar el elemento de moneda dentro del aparato de validación;
- emitir un espectro de luz de banda ancha para iluminar el elemento de moneda;
- recibir al menos una parte de la luz emitida, reflejada por el elemento de moneda o transmitida a través del mismo;
- obtener mediciones espectrales de la luz recibida (410);
- 5 recuperar una base a partir de un dispositivo de almacenamiento (420);
- aplicar la base a las mediciones espectrales para calcular una señal de espectro disperso (430);
- reconstruir una respuesta espectral del elemento de moneda usando la base y la señal de espectro disperso (440).

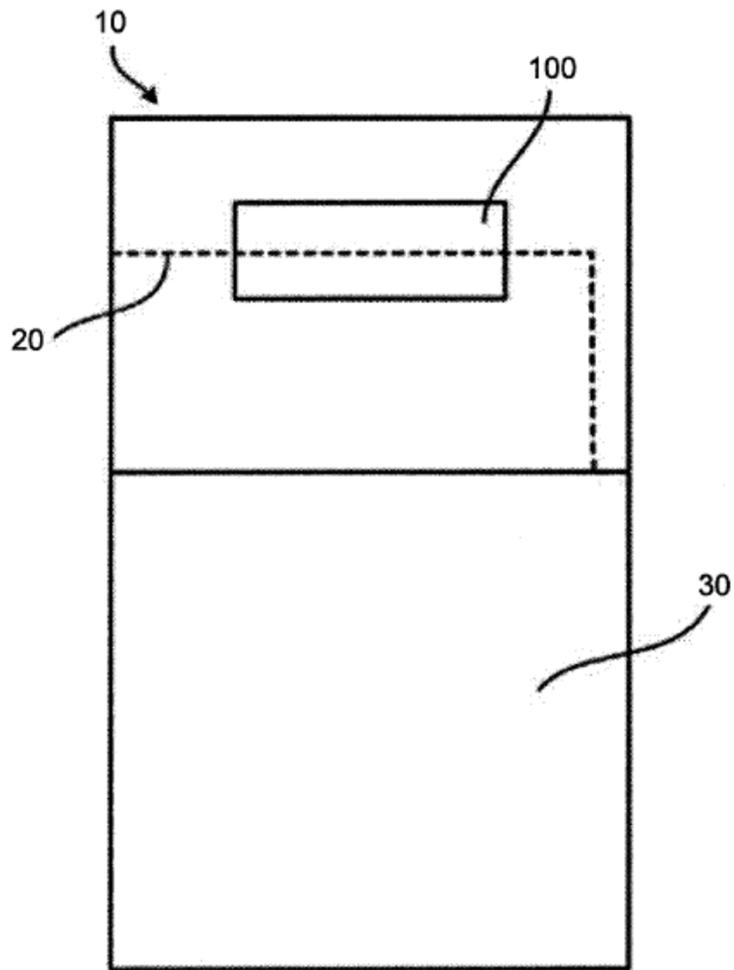


FIG. 1

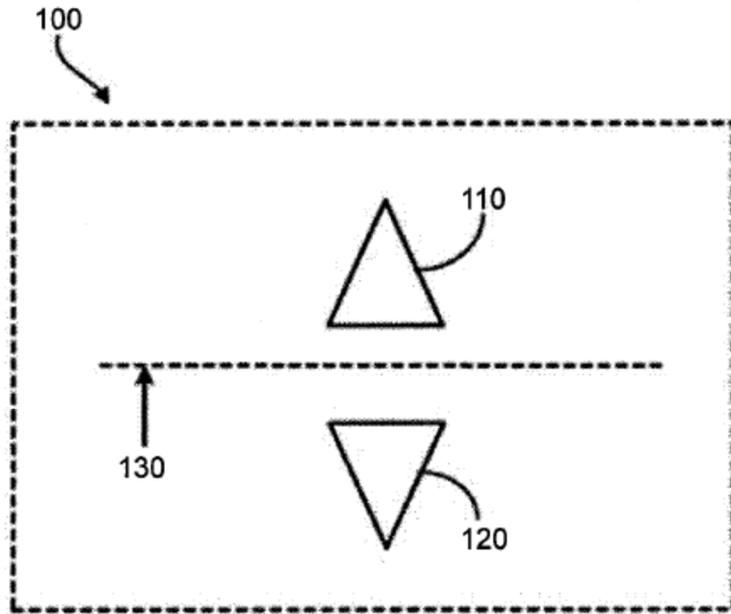


FIG. 2

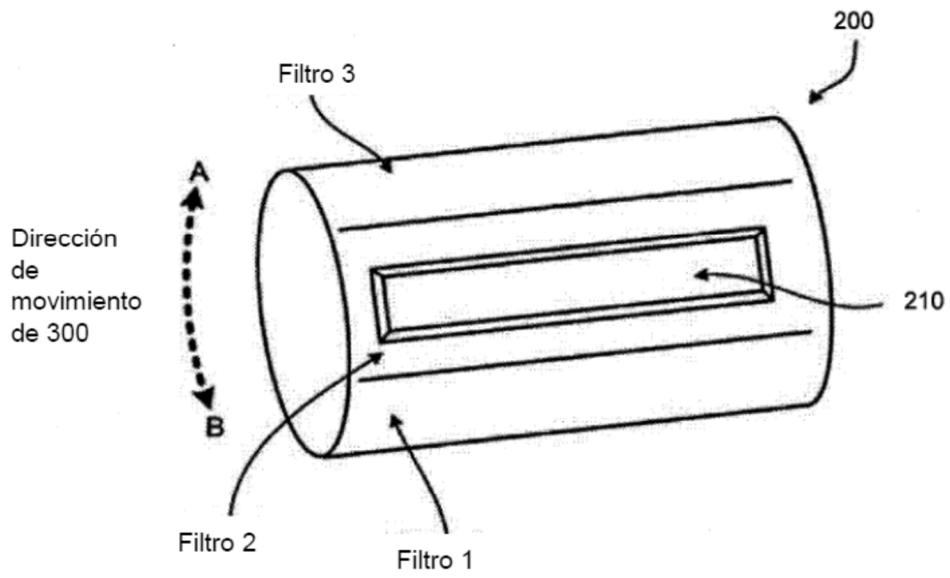


FIG. 3

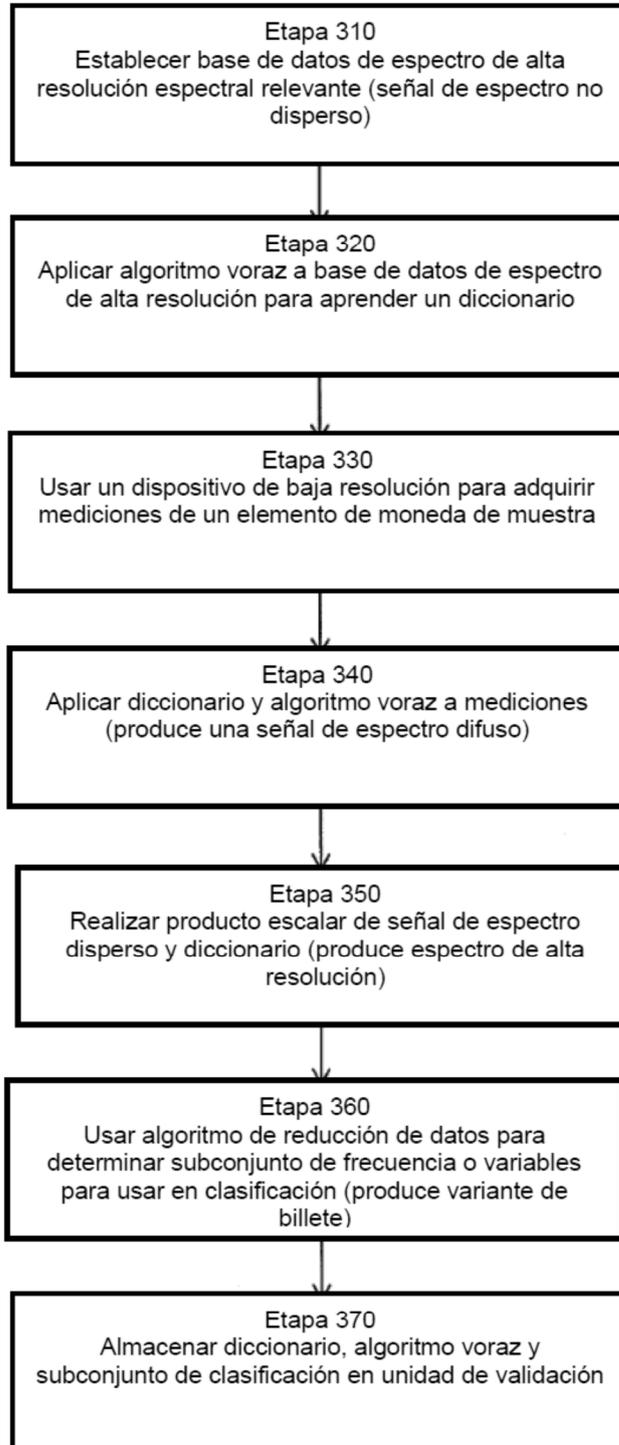


FIG. 4

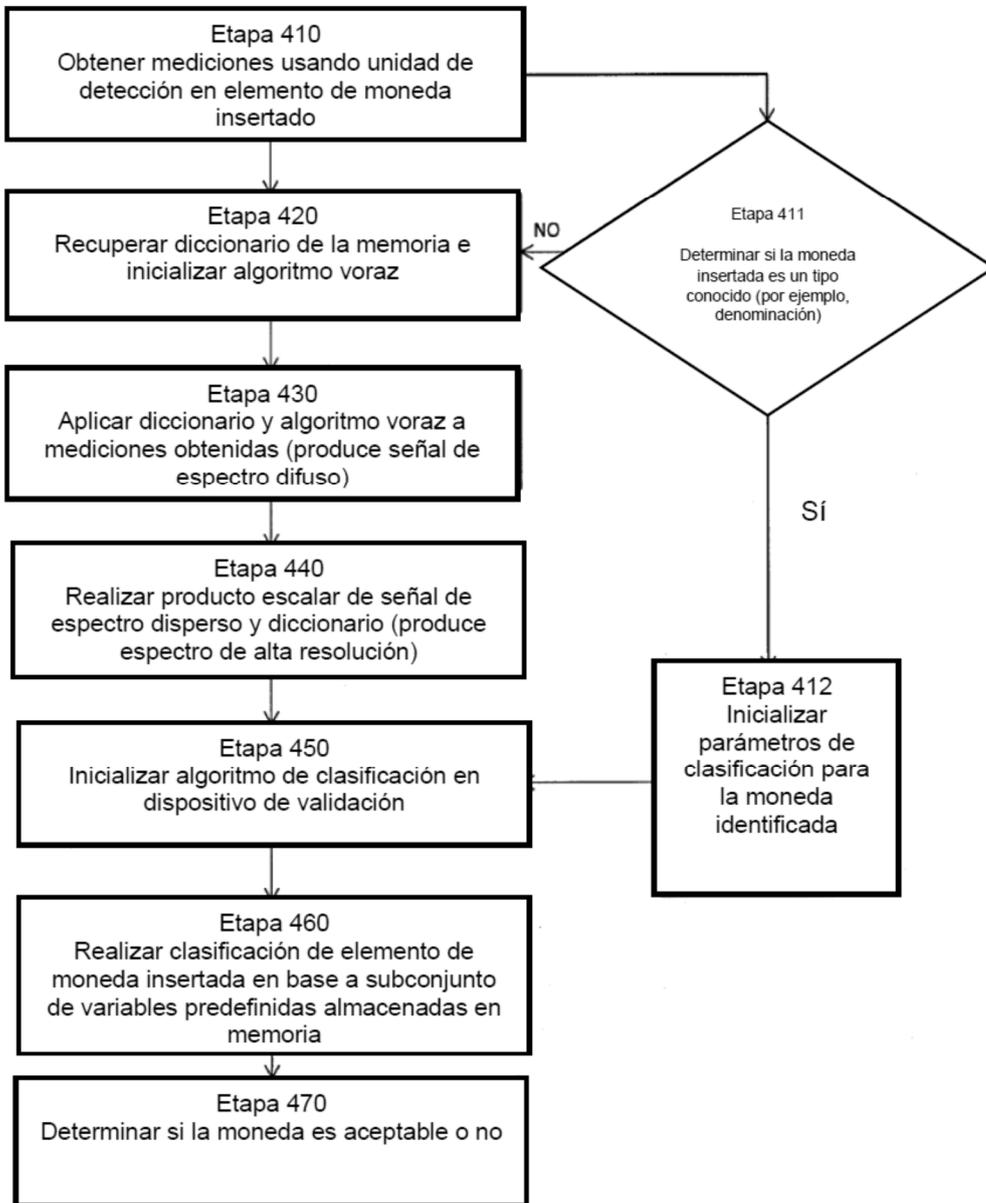


FIG. 5

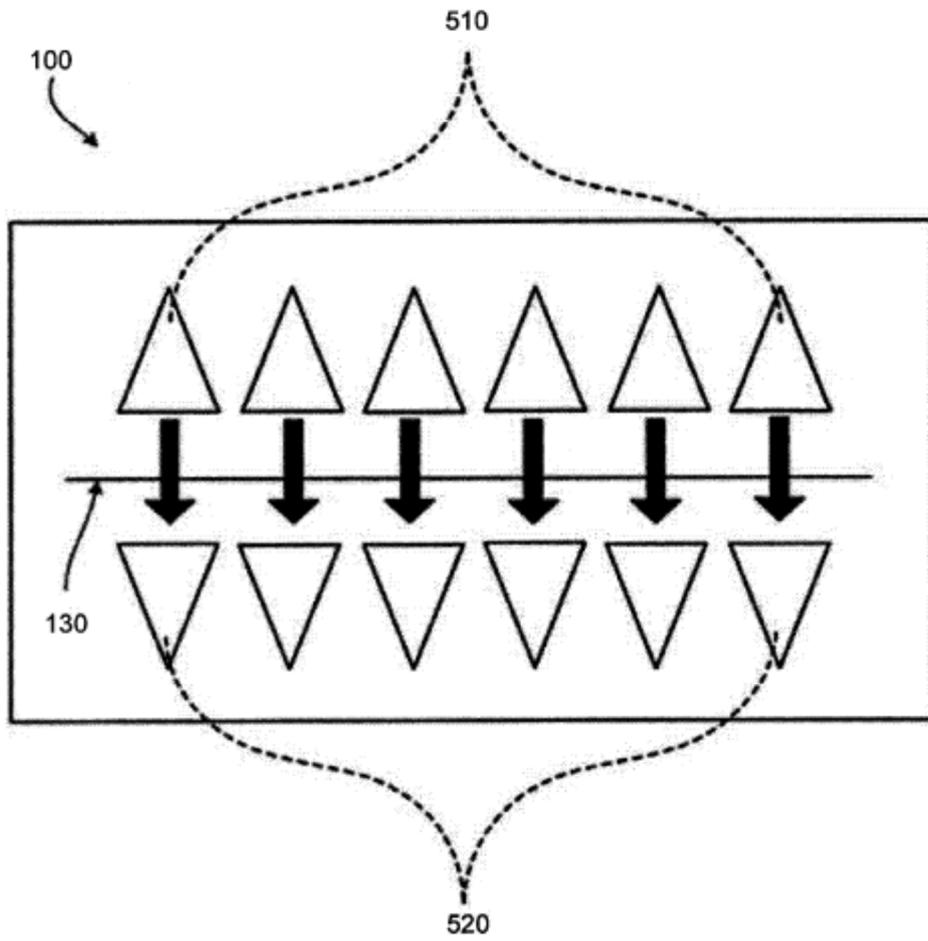


FIG. 6

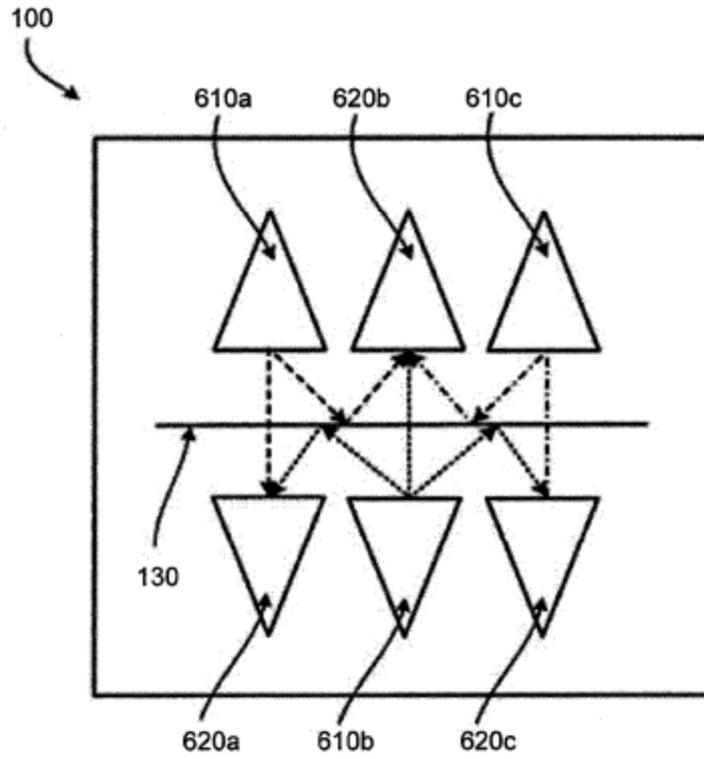


FIG. 7

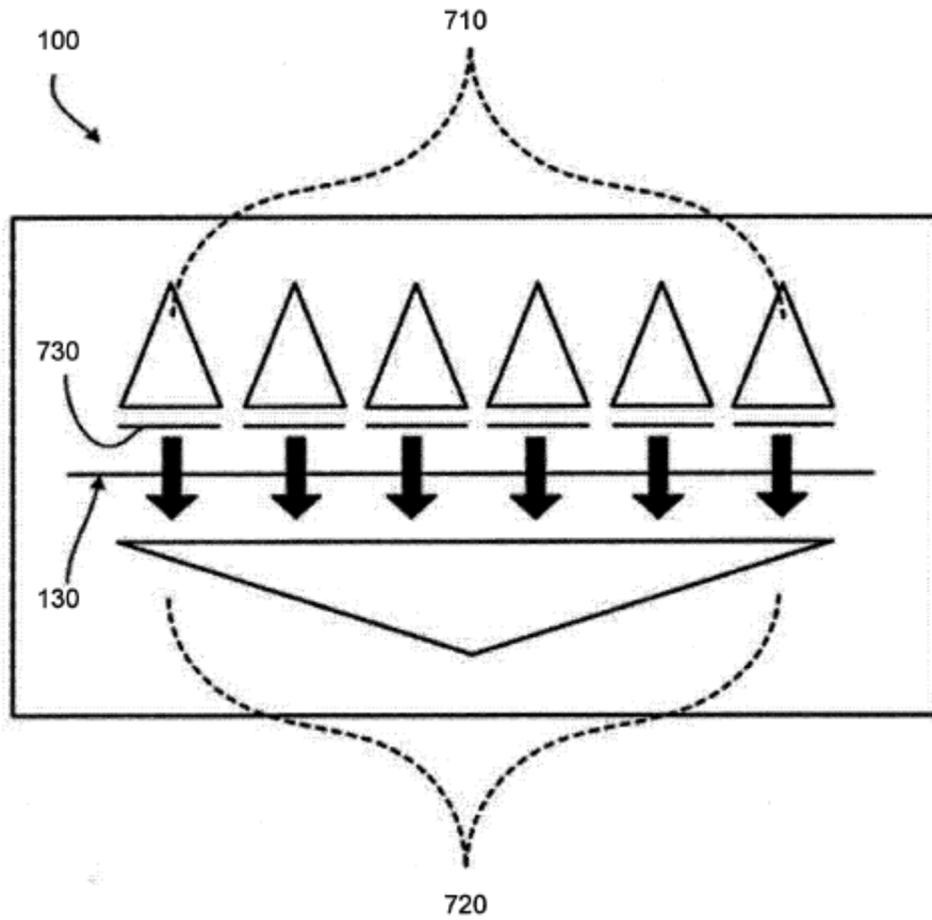


FIG. 8

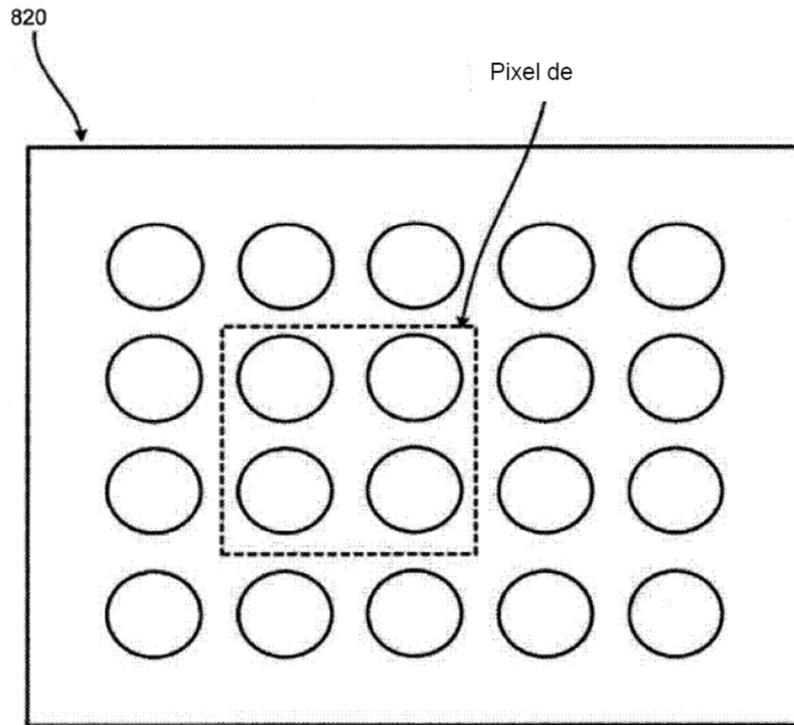


FIG. 9

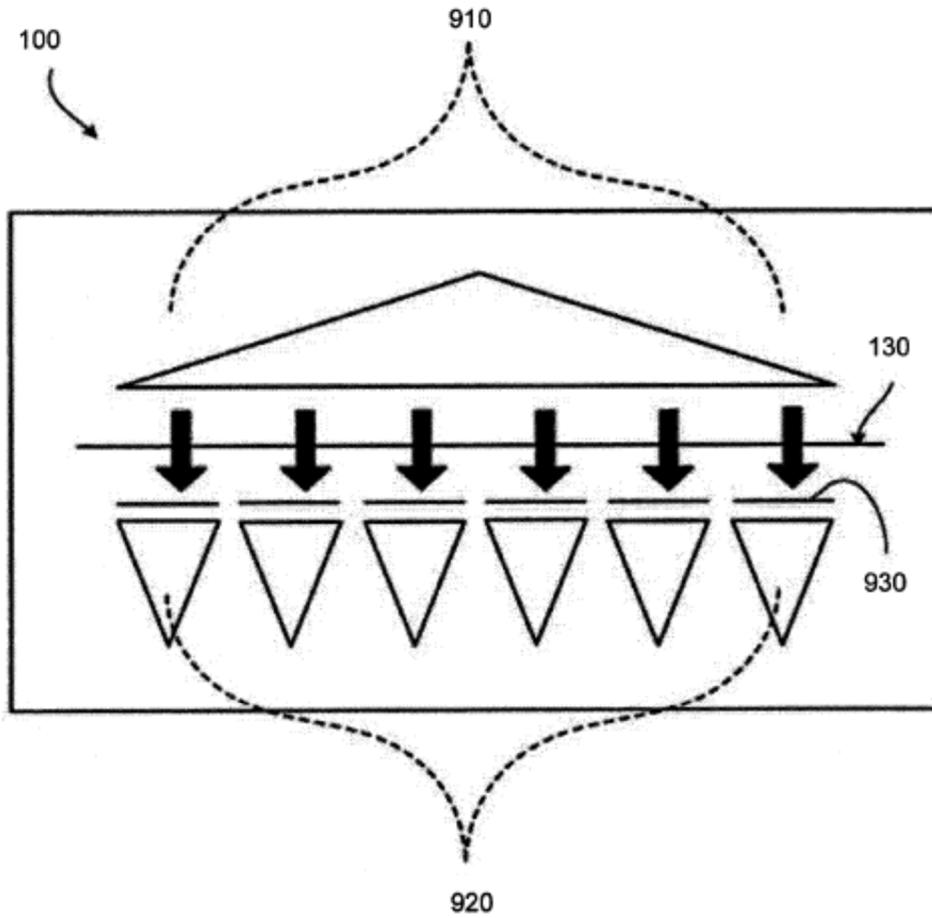


FIG. 10

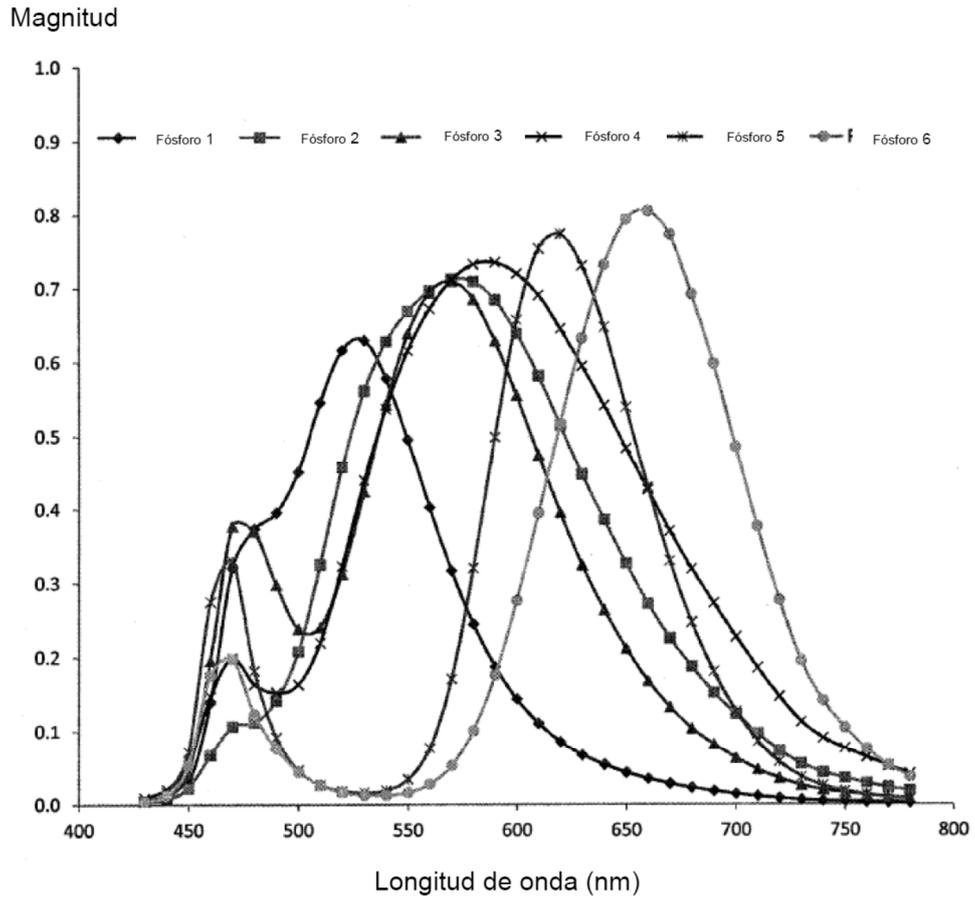


FIG. 11

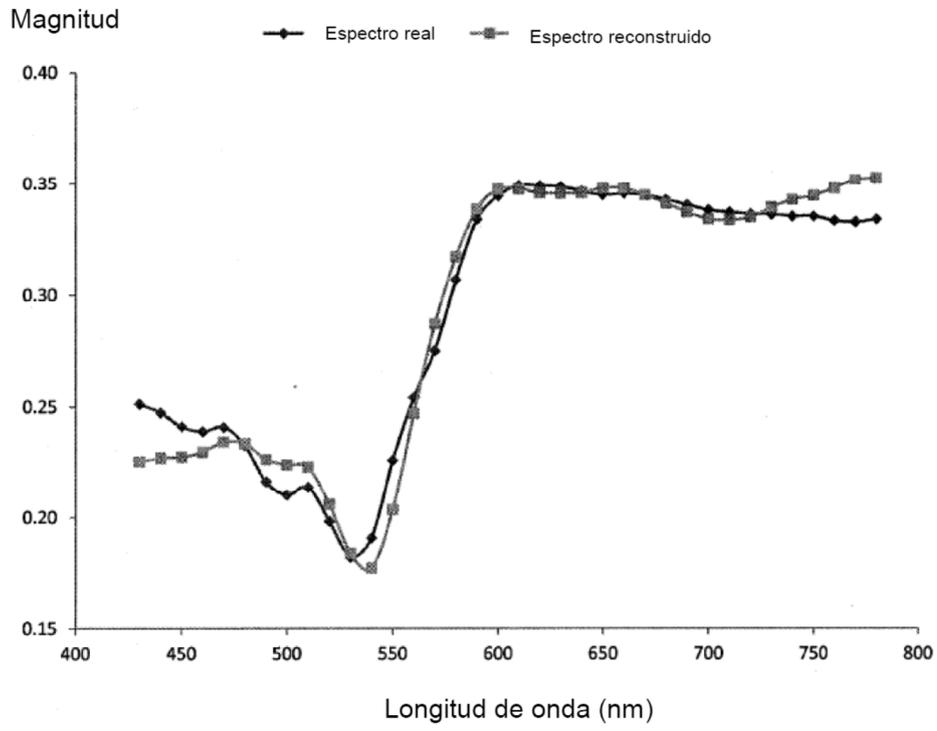


FIG. 12

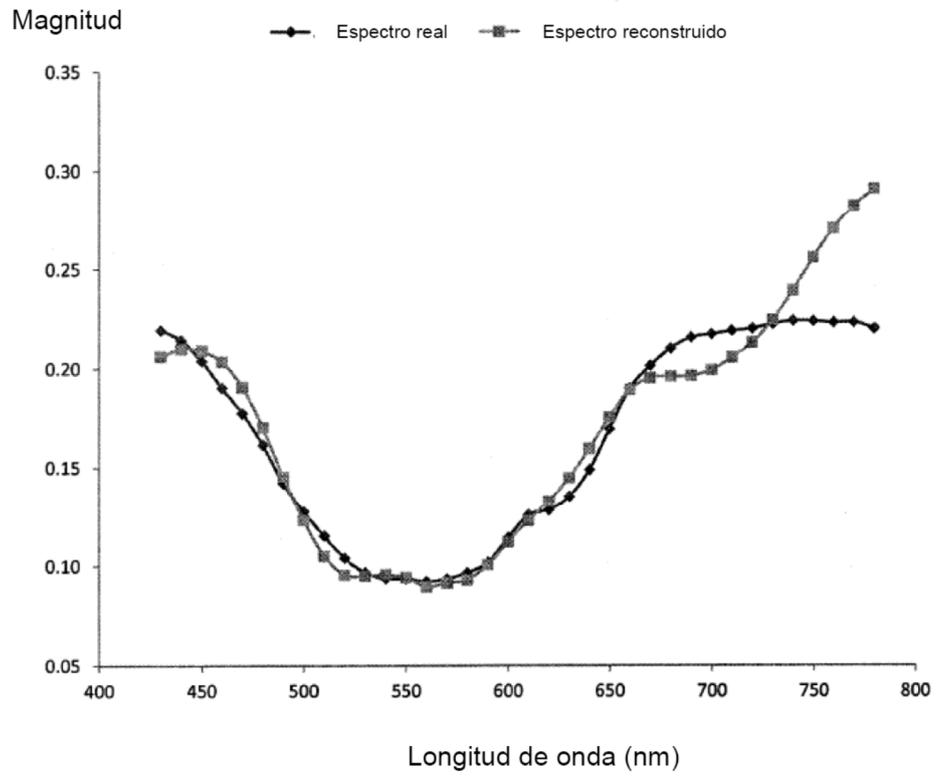


FIG. 13

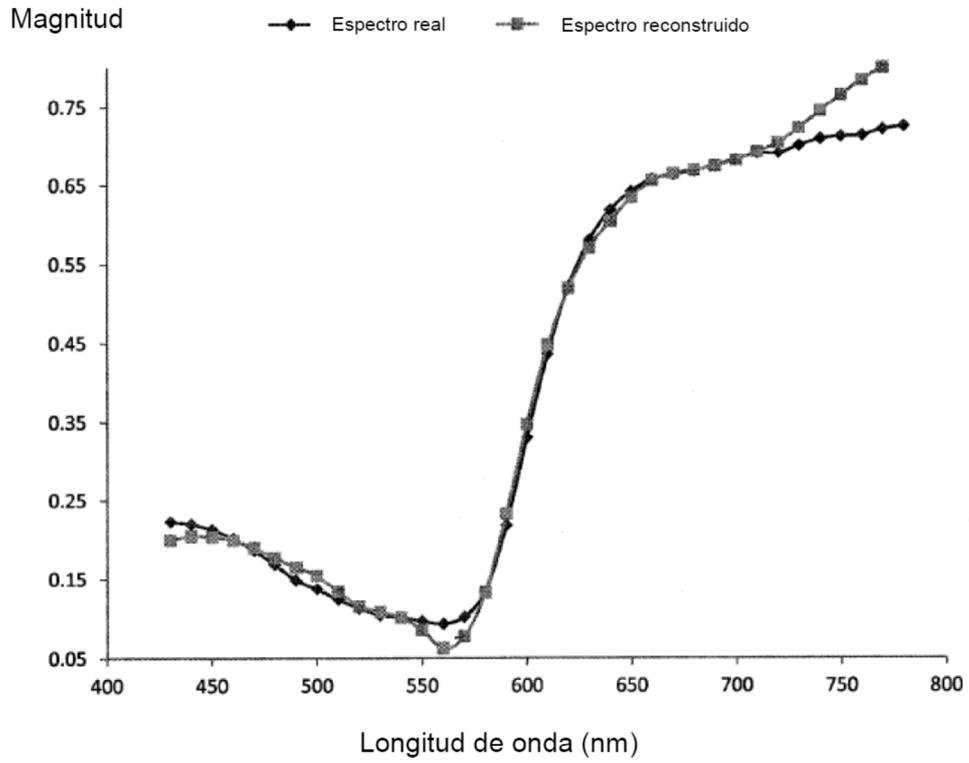


FIG. 14

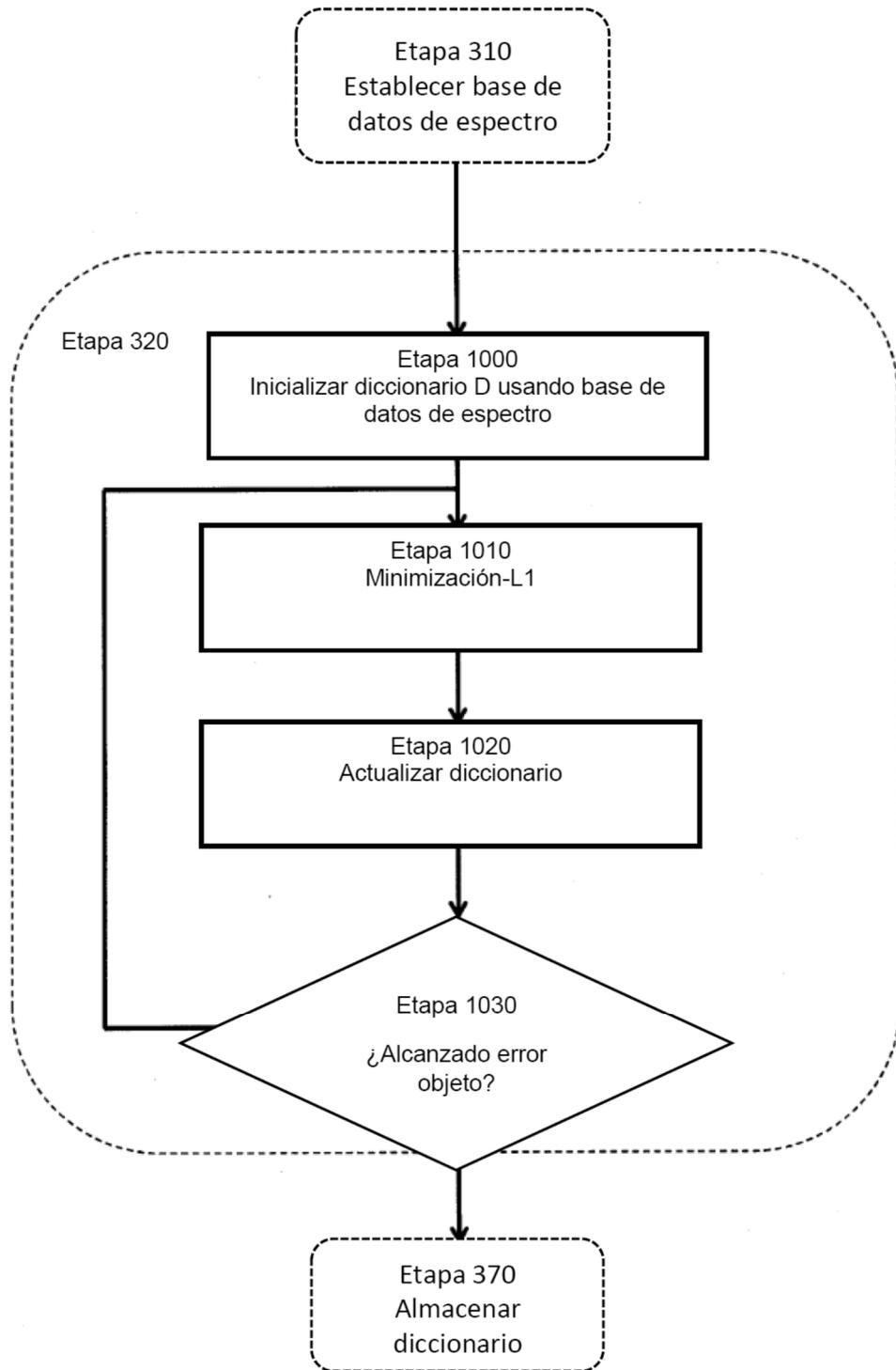


FIG. 15

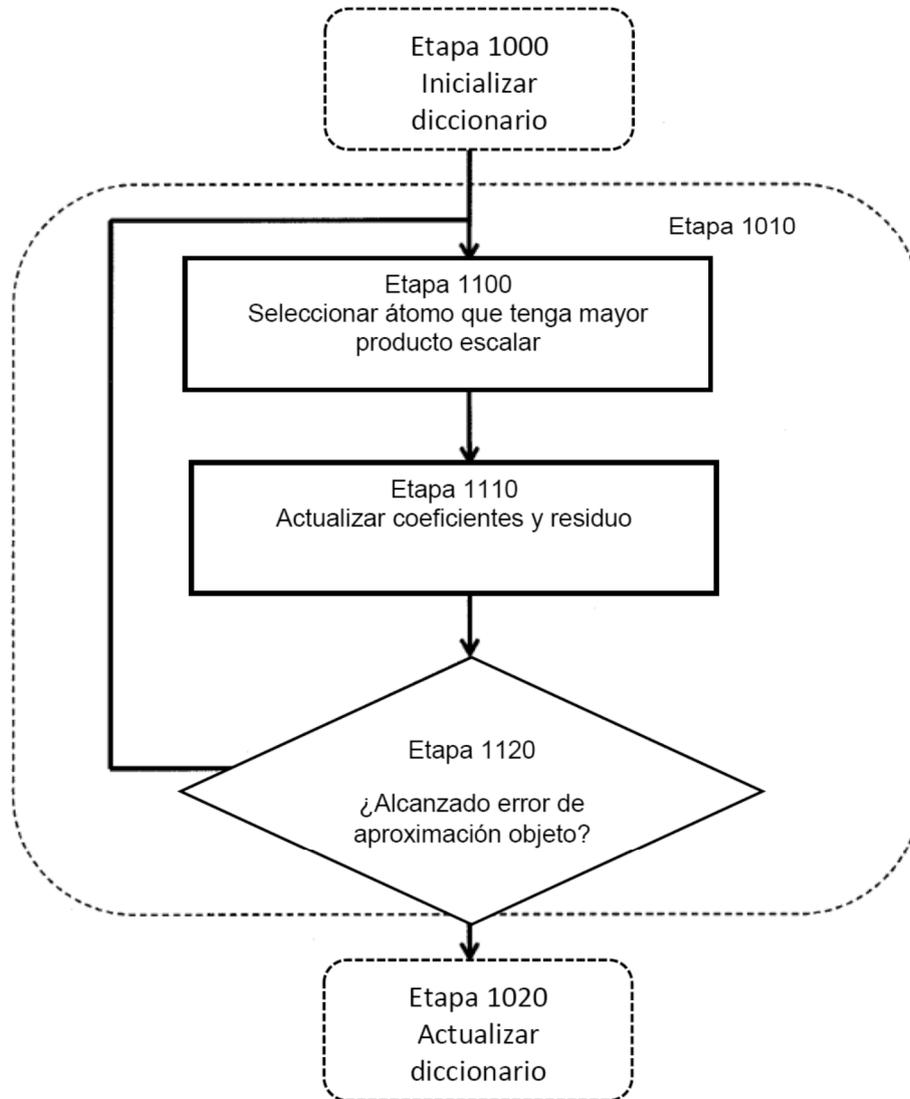


FIG. 16