



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 367 564**

51 Int. Cl.:  
**G06K 7/10** (2006.01)  
**G07D 7/12** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **04725704 .3**  
96 Fecha de presentación : **05.04.2004**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1618514**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **25.01.2006**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para la autenticación de documentos y objetos.**

30 Prioridad: **29.04.2003 EP 03009605**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**04.11.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**04.11.2011**

73 Titular/es: **SICPA HOLDING S.A.**  
**avenue de Florissant 41**  
**1008 Prilly, CH**

72 Inventor/es: **Vasic, Milan y**  
**Müller, Edgar**

74 Agente: **Fàbrega Sabaté, Xavier**

**ES 2 367 564 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

Procedimiento y dispositivo para la autenticación de documentos y objetos

5 La invención se refiere a un procedimiento y a un dispositivo correspondiente para determinar la autenticidad de un documento de seguridad, un objeto de valor o un embalaje que llevan una marca que presenta un espectro de reflexión de luz que depende del ángulo de visión.

Antecedentes de la invención

Documentos de seguridad y los objetos de valor se marcan con materiales que presentan propiedades físicas o químicas particulares (características de seguridad), que sirven para autenticar los artículos marcados a través de una detección de la presencia de dichas propiedades.

10 Una manera habitual de marcar un documento de seguridad o un objeto de valor comprende la incorporación de uno o más materiales de marcado en una tinta de impresión o una composición de recubrimiento, que se aplica posteriormente a dicho documento u objeto, si fuera necesario en forma de indicios. Maneras alternativas de marcar un artículo comprende la incorporación de uno o más materiales de marcado en el cuerpo (plástico, papel, líquido, etc.) del artículo.

15 Documento WO 02 31780 divulga un procedimiento y un aparato para determinar si un material ópticamente variable está presente en una superficie.

20 Las propiedades físicas que se han utilizado como una característica de seguridad incluyen concretamente la absorción de luz espectral selectiva en el intervalo de longitudes de onda ultravioleta (UV), visible e infrarroja (IR), así como la luminiscencia UV, visible e IR inmediata y retardada; esto se divulga, por ejemplo, en los documentos US 3.473.027; US 3.412.245; US 3.582.623; US 3.663.813; US 3.650.400; US 3.566.120; US 3.455.577; y US 4.202.491. Las características de seguridad que permiten una detección o, respectivamente, lectura sin contacto de la marca, por ejemplo, mediante medios ópticos, se consideraron en todos los casos como una opción preferida.

25 Las marcas que presentan un espectro de reflexión de luz dependiente del ángulo de visión ("dispositivos ópticamente variables", OVD), se utilizan como un medio anticopia eficaz en billetes y documentos de seguridad. Entre los OVD, las tintas ópticamente variables (OVI®; EP 227.423 B1) han adquirido una posición preeminente desde su primera introducción en el sistema monetario en 1987. Tales tintas se formulan basándose en un pigmento ópticamente variable (OVP), siendo un tipo preferido de OVP el dispositivo de interferencias ópticas de película delgada y escamosa descrito en los documentos US 4.705.300; US 4.705.356; US 4.721.217; US 4.779.898; US 4.930.866; US 5.084.351 y en divulgaciones relacionados. Otros tipos útiles de OVP comprenden las partículas recubiertas de manera múltiple descritas en los documentos US 5.624.486 y US 5.607.504.

30 Otro tipo útil de pigmentos ópticamente variables se obtiene a través de la fotopolimerización de una película delgada de material de cristal líquido colestérico (es decir, nemático quiral), seguido de la pulverización de la película de polímero en un pigmento, tal y como se describe en los documentos US 5.807.497 y US 5.824.733. Dichos pigmentos basados en cristal líquido (LC) tienen la propiedad adicional de reflejar selectivamente, dependiendo de su quiralidad interna, luz polarizada circularmente levógira o dextrógira derecha, tal y como se divulga en el documento EP 899.119 B1. Puesto que los pigmentos LC pueden producirse con una quiralidad levógira o dextrógira, el sentido de polarización circular de la luz reflejada desde el pigmento LC puede aprovecharse para proporcionar una característica de seguridad encubierta adicional a un documento o a un artículo.

35 Otro tipo adicional de dispositivos ópticamente variables puede fabricarse en función de redes de difracción, por ejemplo, en forma de hologramas estampados o dispositivos similares presentes en una lámina de polímero metalizado que se aplica a un documento o a un artículo. Dicha lámina de polímero estampado también puede pulverizarse formando un pigmento y utilizarse como "purpurina" en una composición de recubrimiento. De otra manera algo menos eficiente, una red de difracción se stampa en copos metálicos (de aluminio) preformados y con un tamaño de pigmento. En todas estas formas de realización, la estructura de red de difracción requerida presenta un espaciado entre líneas comparable con la longitud de onda de la luz difractada, es decir, normalmente del orden de 300-500 nanómetros, correspondiente a 2.000 líneas por mm o más.

40 Los pigmentos, tintas y características impresas ópticamente variables, así como los dispositivos de difracción óptica, pueden identificarse evaluando sus propiedades de reflexión espectral para al menos dos ángulos de visión diferentes. Tal información se obtiene normalmente en el laboratorio con la ayuda de un gonio-espectrómetro (por ejemplo, como el fabricado por Zeiss), tal y como describen R. Maish y M. Weigand en "Perlglanzpigmente", 2ª edición, *Die Bibliothek der Technik*, Vol 56, Verlag Moderne Industrie AG, Landsberg/Lech, 1992, y en las referencias citadas en tal documento. Un gonio-espectrómetro permite en gran medida estudiar una muestra bajo cualquier combinación de ángulo de iluminación y de ángulo de análisis espectral.

En la tecnología preferida, el coste de los detectores es bajo ya que se evita la utilización de espectrómetros y se adopta la técnica de iluminación secuencial de LED de colores divulgada en el documento US 4.204.765. Este documento describe un dispositivo que comprueba características de seguridad basadas en colores, tales como un papel que tiene zonas coloreadas impresas en el mismo. Una pluralidad de diodos de emisión de luz (LED), donde cada uno emite luz de un intervalo de longitudes de onda diferente, iluminan secuencialmente un área determinada de dicho papel que es más o menos reflectante para la luz incidente. Un único fotodetector recibe la luz reflejada por el papel y transfiere una señal eléctrica correspondiente a la intensidad de luz recibida. Comparando las señales medidas de los diversos LED con valores de referencia predefinidos, se obtiene un indicador de la autenticidad de dicho papel.

La tecnología divulgada en el documento US 4.204.765, aunque es compatible con un dispositivo de bajo coste, no es adecuada para comprobar las características de seguridad ópticamente variables debido a su diseño con un único ángulo de observación.

Un sistema para la verificación automática de características ópticamente variables en documentos importantes, billetes, etc., se divulga en el documento WO 01/54077. Según este documento, la característica ópticamente variable se ilumina al menos con un primer y con un segundo haz de luz, y la luz reflejada desde la misma se analiza para al menos un primer y un segundo ángulo de observación. Sin embargo, la tecnología de verificación automática divulgada en el documento WO 01/54077 tiene varios inconvenientes que impiden, en particular, su implementación práctica en dispositivos de lectura automáticos de bajo coste.

Una primera desventaja de la tecnología del documento WO 01/54077 radica en la geometría de medición. El dispositivo divulgado ilumina la característica ópticamente variable en ángulos de incidencia predeterminados utilizando haces de luz direccionales y analiza espectralmente la luz reflejada desde la característica iluminada en ángulos de reflexión predeterminados relacionados con dichos ángulos de incidencia. Para tinta ópticamente variable, los haces de luz incidentes y reflejados obedecen aproximadamente la ley especular, es decir, los ángulos de incidencia y de reflexión son casi idénticos aunque opuestos. Este no es el caso para los dispositivos ópticamente variables basados en redes de difracción holográficas, donde el ángulo de incidencia y el ángulo de reflexión pueden ser generalmente diferentes entre sí. Fijando ambos, el ángulo de incidencia y el ángulo de reflexión en el diseño del hardware, el sistema del documento WO 01/54077 solo puede utilizarse por tanto para la autenticación del mismo tipo determinado de OVD para el que se concibió.

Una segunda desventaja de la tecnología del documento WO 01/54077 está en la naturaleza de los componentes utilizados. Se requieren dos o más espectrómetros para analizar la luz recogida en dos o más ángulos de reflexión diferentes. El coste de un dispositivo de autenticación que contiene espectrómetros puede impedir su utilización en una máquina expendedora de productos de bajo coste.

Una tercera desventaja importante de la tecnología del documento WO 01/54077 radica finalmente en que no tiene la capacidad de miniaturizarse. Además, es probable que el análisis de los datos de reflectancia espectral en una incidencia casi rasante dé como resultado una configuración de medición físicamente extensa. A su vez, esto es una limitación bastante prohibitiva para aplicaciones en máquinas expendedoras, las cuales presentan importantes restricciones de espacio.

#### Resumen de la invención

La presente invención divulga un procedimiento y un dispositivo correspondiente para determinar la autenticidad de características ópticamente variables en documentos o artículos, en particular el embalaje de productos comerciales, que superan los inconvenientes de la técnica anterior. El dispositivo divulgado es, en lo que respecta a su capacidad de miniaturización y a su reducido coste, particularmente adecuado para aplicaciones en máquinas expendedoras, lectores automáticos y dispositivos de ensayo manuales. Además, tiene como objetivo aplicarse generalmente en la autenticación de cualquier tipo de OVD utilizando el mismo diseño de hardware.

El dispositivo se define en las reivindicaciones 13 a 21.

Según la presente invención, el dispositivo ópticamente variable (OVD), es decir, la marca bajo ensayo, se ilumina con la ayuda de un dispositivo óptico de iluminación de gran ángulo, económico y relativamente simple. Dicho dispositivo óptico de iluminación de gran ángulo se alimenta con diferentes iluminaciones, es decir, luz que proviene de una pluralidad de fuentes de luz espectralmente diferentes, tales como LED, que se encienden y se apagan secuencialmente. El OVD recibe de este modo luz de un color que cambia secuencialmente de manera simultánea en todos los ángulos de incidencia, es decir, desde una incidencia sustancialmente ortogonal hasta una incidencia sustancialmente rasante.

Por lo tanto, toda la discriminación de color angular se lleva a cabo exclusivamente en la cadena de detección,

donde la luz reflejada desde el OVD se recoge en dos o más ángulos predeterminados diferentes y donde su intensidad se convierte en señales eléctricas correspondientes mediante fotodetectores. Esta manera de proceder tiene la ventaja de que el dispositivo de la presente invención puede utilizarse sin modificaciones en la autenticación de todo tipo de OVD, ya sea del tipo "tinta ópticamente variable" o del tipo "red de difracción".

- 5 El dispositivo óptico de iluminación de gran ángulo puede elegirse a partir de todo tipo de dispositivos que permitan iluminar de manera difusa una parte de una superficie simultáneamente en todos los ángulos de incidencia con la luz de una o más fuentes de luz "puntual" determinadas. Los dispositivos ópticos de iluminación de gran ángulo se conocen en la técnica y están disponibles comercialmente, por ejemplo, en forma de placas difusoras, esferas de iluminación difusa, elementos ópticos sin formación de imágenes, etc. En el contexto de la presente invención, el  
10 dispositivo óptico de iluminación de gran ángulo es un Concentrador Parabólico Compuesto (CPC, también denominado como "transformador óptico de ángulo de aceptación"), como el descrito por R. Winston et al. en "Selected Papers on Nonimaging Optics" SPIE publication MS 106, 1995.

15 Un Concentrador Parabólico Compuesto (CPC) se caracteriza por una sección longitudinal que está delimitada por dos elementos parabólicos (P1, P2; Fig. 1c), que presenta ejes paralelos y está dispuesta de tal manera que cada punto focal ( $f_1$ ,  $f_2$ ) de dichos elementos parabólicos están situados en el otro elemento parabólico respectivo. El CPC puede fabricarse en forma de placa bidimensional o en forma de cono tridimensional (cuerpo giratorio). También puede fabricarse como un cuerpo hueco internamente reflectante o como un cuerpo dieléctrico macizo, este último pudiendo llevar además un recubrimiento reflectante o un espejo sobre parte de su superficie externa.

20 El CPC tiene una primera (A1) y una segunda (A2) área de apertura, y un primer y un segundo ángulo de aceptación para la luz entrante o saliente, por lo que dicha primera área de apertura es ancha y tiene un ángulo de aceptación estrecho y dicha segunda área de apertura es estrecha y tiene un ángulo de aceptación ancho. La luz que penetra en la primera área de apertura del CPC dentro de su ángulo de aceptación se emite desde la segunda área de apertura del CPC dentro de su ángulo de aceptación, y viceversa.

25 Además, la luz que entra en el CPC se difunde, de manera que una única fuente de luz, situada en cualquier punto delante de dicha primera área de apertura del CPC iluminará toda la segunda área de apertura del CPC en todos los ángulos comprendidos dentro de su ángulo de aceptación. Un CPC, y más generalmente cualquier otro dispositivo óptico adecuado sin formación de imágenes, puede utilizarse por tanto de manera ventajosa para convertir la emisión de una pluralidad de LED situados delante de su primera y mayor área de apertura en una iluminación difusa semiesférica de la muestra situada delante de su segunda y menor área de apertura.

30 Según la invención, el CPC, un elemento óptico sin formación de imágenes, se fabrica preferentemente con un material dieléctrico macizo, tal como vidrio acrílico (PUMA) o un polímero óptico similar. Esto tiene la ventaja de conferir robustez a todo el dispositivo, facilitando al mismo tiempo su ensamblaje mecánico. Las fuentes de luz del iluminador se ensamblan delante de la mayor área de apertura del CPC, por ejemplo, dentro de agujeros interiores previstos en su cuerpo. Preferentemente, se elige que dichas fuentes de luz sean del tipo de emisión de gran  
35 ángulo.

Se necesitan al menos dos fuentes de luz espectralmente diferentes; preferentemente, se eligen diodos de emisión de luz (LED). En una forma de realización preferida de la invención, el dispositivo comprende una pluralidad de LED, es decir, entre cuatro y doce LED de diferentes longitudes de onda de emisión. Preferentemente, se eligen LED que emitan en el intervalo comprendido entre la longitud de onda UV (300 nm) y la longitud de onda de NIR remoto (2.500 nm), más preferentemente entre la longitud de onda UV (300 nm) y la longitud de onda de NIR cercano (1.100 nm). Opcionalmente, dichos diodos de emisión de luz (LED) pueden llevar filtros ópticos que eliminan parte de su espectro de emisión original con el fin de obtener perfiles de emisión espectral más particulares. Por tanto, dicho filtro óptico puede ser de tipo paso banda (incluyendo el tipo paso multibanda), de tipo paso alto o de tipo paso bajo.

45 Sin embargo, también pueden utilizarse fuentes de luz distintas a los LED, tales como fuentes de luz incandescentes dotadas de los filtros ópticos requeridos. Pueden utilizarse diodos láser como las fuentes de luz elegidas en casos en los que se necesita un perfil de iluminación espectral particularmente estrecho. Según la presente invención, la salida del diodo láser no se colima mediante un elemento óptico para formar un haz de láser, sino que se utiliza en el modo divergente y se difunde además mediante el dispositivo óptico iluminador. El  
50 dispositivo también puede comprender fuentes de luz que emitan en la longitud de onda UV inferior a 200 nm o en la longitud de onda IR superior a 2.500 nm.

La tarea de miniaturización se resuelve, según la presente invención, utilizando al menos dos fibras ópticas para recoger la luz reflejada desde la característica ópticamente variable tanto en un ángulo casi ortogonal (preferentemente entre  $0^\circ$  y  $45^\circ$ ; incluso más preferentemente entre  $0^\circ$  y  $35^\circ$ ) como en un ángulo casi rasante (preferentemente entre  $45^\circ$  y  $90^\circ$ ; incluso más preferentemente entre  $50^\circ$  y  $80^\circ$ ), con respecto a la normal al plano de la marca. Las fibras ópticas pueden doblarse en gran medida y permiten reducir el tamaño físico de la  
55

disposición requerida para la detección en un ángulo rasante.

La tarea de miniaturización se resuelve incluso de manera más ventajosa mediante la combinación de un elemento iluminador óptico dieléctrico y sólido sin formación de imágenes con al menos dos fibras ópticas colectoras firmemente embutidas dentro de su cuerpo. Los ángulos colectores de un ensamblado de este tipo se mantienen  
5 fijos gracias a la disposición mecánica del iluminador, dando como resultado un diseño muy robusto. Dichas al menos dos fibras ópticas colectoras recogen la luz de la muestra en ángulos de visión predeterminados y dentro del cono de apertura óptico de los respectivos extremos de las fibras, y la conducen hasta los fotodetectores correspondientes, dispuestos delante de la mayor área de apertura del CPC, por ejemplo en diámetros interiores provistos en su cuerpo.

Preferentemente, dicho fotodetector es un fotodiodo. También preferentemente, para reducir el ruido de medición electrónico, es un fotodetector fabricado como una unidad de fotodetector integrado que comprende un fotodiodo y un amplificador de señal posterior, además de, opcionalmente, un filtro óptico. El amplificador de señal puede ser un amplificador de transimpedancia. El filtro óptico puede ser de tipo paso banda (incluyendo el tipo paso multibanda), de tipo paso alto o de tipo paso bajo. Los fotodetectores y las unidades de fotodetector  
10 correspondientes son conocidos por el experto en la técnica y están disponibles comercialmente a través de varios fabricantes, por ejemplo Hamamatsu, en Japón.

Los fotodiodos de silicio pueden utilizarse para el intervalo de longitudes de onda comprendido entre la longitud de onda UV y la longitud de onda de NIR cercano (entre 200 nm y 1.100 nm). Pueden utilizarse fotodiodos de germanio y fotodiodos de InGaAs para el intervalo de longitudes de onda de NIR remoto (entre 900nm y 1.700 nm ó 2.500  
20 nm, respectivamente). Los fotodiodos de GaAsP son adecuados para el intervalo de longitudes de onda UV y visible (entre 200 nm y 700 nm). Finalmente, pueden utilizarse fotodiodos de GaN, de SiC y de GaP para el intervalo de longitudes de onda UV (por debajo de los 400 nm).

En una forma de realización particular, dicho fotodetector comprende un filtro de polarización circular que transmite la fracción levógira o dextrógira de la luz reflejada y recogida. La discriminación de polarización circular es  
25 particularmente interesante en el caso de OVD basados en materiales de cristal líquido colestérico (CLC), que pueden fabricarse para reflejar solamente una de las dos polarizaciones circulares de luz o para reflejar ambas. Puede fabricarse un dispositivo de autenticación correspondiente que comprenda cuatro fotodetectores, es decir, siendo cada uno un fotodetector sensible a la polarización levógira y un fotodetector sensible a la polarización dextrógira para cada uno de un ángulo de observación casi ortogonal y un ángulo de observación casi rasante. Por  
30 tanto, el polarizador circular puede introducirse en cualquier punto de la trayectoria de luz que se extiende desde la marca reflectante hasta dicho fotodetector a través de los dispositivos ópticos colectores y de guiado.

Dicho dispositivo para la autenticación de documentos y objetos comprende además un procesador (representado, por ejemplo, mediante un circuito electrónico que comprende un CI de microcontrolador) que comprende medios de conversión de analógico a digital (para obtener valores almacenables digitales a partir de la señales de salida  
35 primarias de los fotodetectores), medios de memoria (para almacenar programas, valores de referencia y datos de medición), medios de accionamiento (para activar y desactivar cargas externas), medios de control (para aceptar entradas de usuario) y medios indicadores (para mostrar la salida al usuario), así como la fuente de alimentación necesaria (por ejemplo, una batería). Dicho procesador puede encender o apagar los LED individuales del iluminador, leer, digitalizar y almacenar las señales de salida de los fotodetectores, aceptar entradas de usuario (por  
40 ejemplo, de dos o más botones manuales) y mostrar la salida (por ejemplo, en un LED indicador de "éxito" y en otro de "fallo"). Según un programa almacenado internamente, dicho procesador puede llevar a cabo un ciclo completo de medición/autenticación, incluyendo la indicación final de un resultado. El experto en la técnica de aplicaciones de microcontrolador conoce el carácter técnico de tales implementaciones.

Dicho programa almacenado internamente puede diseñarse para que el dispositivo soporte un "modo de aprendizaje" para medir valores de intensidad de reflectancia en un elemento de referencia y almacenarlos  
45 permanentemente en una memoria interna, y un "modo de ensayo" para determinar la autenticidad de un elemento bajo ensayo, midiendo sus valores de intensidad de reflectancia y comparándolos con dichos valores de referencia medidos y almacenados anteriormente, obteniendo e indicando de ese modo un resultado. Cada uno de los modos puede activarse mediante un conmutador de control correspondiente.

El dispositivo para la autenticación de elementos puede comprender además medios de control adicionales (por ejemplo, un teclado para una entrada de usuario más sofisticada), medios indicadores adicionales (por ejemplo, un panel de visualización alfanumérico; un zumbador), conectores eléctricos y/u ópticos para la fuente de alimentación y para fines de transferencia de datos, medios de comunicación (por ejemplo, un enlace IR y/o un enlace de radio),  
50 así como una fuente de alimentación interna (por ejemplo, una batería o un acumulador) que permita un funcionamiento autónomo.

Medios de control manuales pueden servir para la activación o desactivación de la fuente de alimentación, para la

5 activación del procedimiento de adquisición de referencias o del procedimiento de ensayo, para la selección de valores de referencia preferidos, etc. Los medios indicadores pueden servir para indicar el estado del dispositivo y el resultado de los ciclos de medición llevados a cabo. Los conectores permiten transferir datos entre el dispositivo y unidades externas, así como conectar el dispositivo a una fuente de alimentación externa. Los medios de comunicación permiten una transferencia inalámbrica de los datos (es decir, para el mantenimiento) entre el dispositivo y las unidades externas.

10 En el contexto de la presente invención, también es posible equipar el dispositivo de autenticación para la evaluación combinada de propiedades ópticamente variables con propiedades de seguridad ópticas adicionales. Utilizando una programación diferente de los medios de procesamiento, el mismo dispositivo puede servir para la medición y evaluación de propiedades ópticas adicionales que pueden ser una emisión de fotoluminiscencia inmediata o retardada en el intervalo UV, visible o IR del espectro, y que pueden incluir la medición de características de aumento y disminución dependientes del tiempo de una emisión de luminiscencia retardada. Esto es particularmente útil para la autenticación de dispositivos luminiscentes ópticamente variables, tal y como se divulga en el documento WO 01/60924.

15 En otra variante, el dispositivo puede diseñarse para combinar los elementos de sensor óptico divulgados anteriormente con un elemento de sensor magnético. Esto es particularmente útil para la autenticación de dispositivos magnéticos ópticamente variables, tal y como se divulga en el documento WO 02/073250.

20 Dentro del contexto de la presente invención, la radiación ultravioleta (UV) debe entenderse como una radiación que tiene una longitud de onda comprendida entre 200 nm y 400 nm, la radiación visible como una radiación que tiene una longitud de onda comprendida entre 400 nm y 700 nm, la radiación infrarroja cercana como una radiación que tiene una longitud de onda comprendida entre 700 nm y 1.100 nm y la radiación infrarroja remota como una radiación que tiene una longitud de onda comprendida entre 1.100 nm y 2.500 nm. La radiación infrarroja (IR) es una radiación que tiene una longitud de onda superior a 700 nm.

25 Una emisión de luminiscencia inmediata, o fluorescencia, se define como una emisión que tiene un tiempo característico de disminución de intensidad de luminiscencia inferior a 1 microsegundo. Una emisión de luminiscencia retardada, o fosforescencia, se define como una emisión que tiene un tiempo característico de disminución de intensidad de luminiscencia superior a 1 microsegundo.

30 Los ángulos de incidencia se indican con respecto a la normal al plano de la característica ópticamente variable, es decir, la línea ortogonal al plano tangencial de la característica ópticamente variable en el punto de observación. Una incidencia sustancialmente ortogonal significará un ángulo de incidencia que no se desvía más de 10° con respecto a la normal de la característica. Una incidencia sustancialmente rasante significará un ángulo de incidencia que no se desvía más de 10° con respecto al plano de la característica.

La invención comprende además un procedimiento definido en las reivindicaciones 1 a 12.

35 Las mediciones de intensidad se llevan a cabo según un procedimiento de medición dado y pueden incluir etapas tales como el tratamiento posterior de la señal primaria con el fin de obtener valores digitales representativos, el almacenamiento intermedio de los valores y su corrección para errores de medición sistemáticos tales como características de instrumentos, intensidad de fondo, etc.

40 En particular, los valores primarios de intensidad de reflexión medida pueden expresarse en términos de densidades ópticas  $D = \log_{10} (I_w/I)$ ; donde  $I_w$  es la intensidad de luz reflejada en un fondo de referencia blanco e  $I$  es la intensidad de luz reflejada en la marca. Los valores de densidad óptica  $D$  tienen la propiedad de ser proporcionales a la concentración del absorbedor impreso.

45 El procedimiento de la invención está intrínsecamente relacionado con los requisitos indicados para autenticar una característica ópticamente variable, así como con el dispositivo divulgado. La iluminación de la marca ópticamente variable se proporciona simultáneamente en todos los ángulos incidentes, oscilando entre una incidencia sustancialmente ortogonal (0°) hasta una incidencia sustancialmente rasante (90°). Esto se consigue a través de la utilización de un dispositivo óptico de iluminación de gran ángulo, tal como un elemento óptico sin formación de imágenes, un Concentrador Parabólico Compuesto (CPC).

50 El procedimiento se caracteriza además porque la luz reflejada se recoge desde al menos dos ángulos de observación predefinidos, es decir, un primer ángulo casi ortogonal (preferentemente entre 0° y 45°; incluso más preferentemente entre 0° y 35°) y un segundo ángulo casi rasante (preferentemente entre 45° y 90°; incluso más preferentemente entre 50° y 80°). Además, dicha luz reflejada se recoge preferentemente por los medios de fibras ópticas, que la conducen hasta los fotodetectores correspondientes.

Las iluminaciones, es decir, las calidades de luz que tienen diferentes características espectrales, pueden representarse mediante radiación emitida desde diodos de emisión de luz (LED), diodos láser (LD) u otras fuentes

de luz. En el contexto de la invención también puede utilizarse luz acondicionada por los filtros ópticos pertinentes. En el contexto de la presente invención no es necesario utilizar luz cuya banda se ha estrechado espectralmente; el único requisito es que las diferentes iluminaciones secuencialmente aplicadas, es decir, las calidades de luz, deben tener espectros ópticos sustancialmente diferentes dentro del intervalo de sensibilidad de los fotodetectores utilizados de manera que un efecto medible pueda detectarse en una marca colorada de manera apropiada.

En el contexto de la presente invención también es posible combinar la autenticación de propiedades ópticamente variables con la medición y la evaluación de elementos de seguridad ópticos adicionales. Utilizando una programación diferente, el mismo procedimiento puede incluir la medición y la evaluación de propiedades ópticas tales como una emisión de fotoluminiscencia inmediata o retardada en el intervalo UV, visible o IR del espectro, incluyendo la medición de características de aumento y disminución dependientes del tiempo de una emisión de luminiscencia retardada. Esto es particularmente útil para la autenticación de dispositivos luminiscentes ópticamente variables, tal y como se divulga en el documento WO 01/60924.

En otra variante, el procedimiento combina la autenticación divulgada de características ópticamente variables con una autenticación adicional de un elemento magnético de seguridad. Esto es particularmente útil para la autenticación de dispositivos magnéticos ópticamente variables, tal y como se divulga en el documento WO 02/073250.

En otra variante adicional, el procedimiento de la presente invención permite discriminar entre luz polarizada circularmente levógira y dextrógira reflejada desde la marca.

En una variante adicional, el procedimiento de la presente invención permite definir y almacenar los valores de referencia que se requieren para autenticar una característica ópticamente variable bajo comprobación utilizando la misma medición física y el mismo dispositivo de autenticación.

Una desventaja adicional importante de los procedimientos y dispositivos de autenticación de la técnica anterior se debe en gran medida a la diversidad de características globales de sus instrumentos (tolerancias de fabricación entre diferentes dispositivos de un mismo tipo). Esta diversidad de características globales no puede evitarse y se debe a la diversidad de características de los componentes individuales eléctricos y ópticos del dispositivo, en particular los LED, los fotodiodos y los dispositivos electrónicos análogos. El resultado de esta diversidad es que diferentes dispositivos de autenticación de un mismo tipo perciben una misma característica de seguridad de maneras ligeramente diferentes. Para superar el problema de tolerancias de la técnica anterior se requiere una calibración final extensiva de cada dispositivo individual con el fin de cumplir con las especificaciones.

Esta desventaja se resuelve, según la presente invención, implementando un "modo de aprendizaje" y un "modo de ensayo" en forma de algoritmos programados correspondientes comprendidos en el dispositivo.

Dicho "modo de aprendizaje" se lleva a cabo en gran medida como un procedimiento de adquisición de referencias, en el que las intensidades de luz reflejada de un elemento de referencia se miden para al menos dos ángulos de observación predefinidos diferentes y para al menos 2 calidades de iluminación diferentes, y los resultados correspondientes se almacenan como valores digitales en un circuito de memoria permanente interna del dispositivo de autenticación.

Opcionalmente, dicho procedimiento de adquisición de referencias puede proporcionar además una determinación automática de valores promedio (valores esperados) y valores alternativos de aceptación (desviaciones estándar) estadísticos. Con este objetivo, un número determinado de muestras auténticas se "muestran" al dispositivo, el cual las mide y calcula dichos valores estadísticos, los cuales pueden servir después como criterios de aceptación/rechazo.

Dicho "modo de ensayo" se realiza como un procedimiento de ensayo, en el que las intensidades de luz reflejada de un artículo que va a autenticarse se miden para al menos dos ángulos de observación predefinidos diferentes y para al menos 2 calidades de iluminación diferentes, y los resultados correspondientes se comparan con los valores respectivos almacenados anteriormente de un artículo de referencia, utilizando un algoritmo de comparación predefinido y obteniendo un resultado de ensayo.

Si ambos conjuntos de valores coinciden según un criterio de decisión preestablecido, puede generarse una primera señal de salida que indica la autenticidad de la muestra o el éxito del ensayo; en caso contrario, puede generarse una segunda señal de salida que indica la no autenticidad de la muestra o el fallo del ensayo.

La provisión de un "modo de aprendizaje" y de un "modo de ensayo" dentro de un mismo procedimiento permite en gran medida una aplicación flexible y versátil del dispositivo de autenticación, el cual no necesita reprogramar su hardware para cada diferente aplicación ni contener una librería ampliada de datos de referencia. La reprogramación del dispositivo puede llevarse a cabo de la manera más sencilla posible, simplemente "mostrándole" una o más muestras auténticas.

Después de la adquisición de referencias puede llevarse a cabo un gran número de operaciones de ensayo si van a verificarse documentos u objetos del mismo tipo. La posibilidad de llevar a cabo la adquisición de referencias de manera independiente a las operaciones de ensayo también puede ser útil en el contexto en que un fabricante desea definir los valores de referencia en una ubicación de servicio, de manera que no es necesario proporcionar ningún artículo de referencia ("original") al personal que efectúa los ensayos.

Debe entenderse que el dispositivo de autenticación que realiza el procedimiento puede fabricarse en una gran variedad de "estilos" diferentes, es decir, que series diferentes del hardware del dispositivo de autenticación pueden equiparse de diferente manera en lo que respecta a sus elementos de emisión y de recepción de luz, así como a su programación (algoritmos implementados), con el fin de adaptarse a requisitos y aplicaciones diferentes de clientes.

Las ventajas del procedimiento divulgado y del dispositivo correspondiente sobre la técnica anterior son notables:

- (i) un mismo tipo de dispositivo puede dar servicio a un gran número de aplicaciones diferentes (tecnología versátil);
- (ii) las características de ensayo y de referencia se miden utilizando el mismo hardware, lo que elimina en gran medida la influencia de instrumentos, y por tanto la consiguiente dispersión de rendimiento, en las mediciones (tecnología segura);
- (iii) no tienen que hacerse divulgaciones complementarias en lo que respecta a la composición y las propiedades de la marca de seguridad; el único requisito para llevar a cabo un ensayo es disponer de una marca original certificada (tecnología segura).

A continuación la invención se ilustrará en mayor detalle con la ayuda de los dibujos y de las formas de realización a modo de ejemplo.

La Fig. 1a muestra un diseño físico esquemático de una forma de realización a modo de ejemplo de un dispositivo de autenticación;

la Fig. 1b muestra un dibujo esquemático ampliado del cabezal de sonda del dispositivo de la Fig. 1a;

la Fig. 1c muestra esquemáticamente el principio de funcionamiento de un dispositivo de Concentrador Parabólico Compuesto (CPC);

la Fig. 2 muestra un diagrama esquemático del circuito electrónico de una forma de realización a modo de ejemplo de un dispositivo;

la Fig. 3a muestra diagramas de flujo de etapas de adquisición de referencias llevadas a cabo en diferentes artículos de referencia;

la Fig. 3b muestra un diagrama de flujo de etapas de adquisición de referencias llevadas a cabo en diferentes artículos de referencia y almacenamiento de los datos medidos en la memoria de un dispositivo de autenticación;

la Fig. 4a muestra un diagrama de flujo de un proceso de autenticación; y

la Fig. 4b muestra un diagrama de flujo de un proceso de autenticación que utiliza valores de referencia adquiridos y almacenados anteriormente.

Forma de realización a modo de ejemplo

Un dispositivo de autenticación manual que funciona con batería, según Fig. 1a y Fig. 2, se construyó para la comparación (autenticación) asistida electrónicamente de una marca M ópticamente variable comprendida en un artículo I con una marca de referencia correspondiente.

El dispositivo de autenticación 1 (en Fig. 1a, 1b) está comprendido dentro de un alojamiento 2 con forma de bolígrafo y presenta un cabezal 3 sensible que se aplica encima de la marca M que va a examinarse. Dicho extremo 3 delantero es un Concentrador Parabólico Compuesto (CPC) plano hecho de vidrio acrílico (PMMA). Dicho CPC proporciona una iluminación de gran ángulo de la marca M en todos los ángulos incidentes, desde una incidencia sustancialmente ortogonal hasta una incidencia sustancialmente rasante, mediante cada una de una pluralidad de fuentes de luz espectralmente diferentes  $4', 4'', \dots$ . Dos guías luminosas  $0', 0''$ , dispuestas en ángulos de  $0^\circ$  (correspondientes a una vista casi ortogonal) y de  $60^\circ$  (correspondientes a una vista casi rasante), con respecto a la normal al plano de la marca, recogen la luz reflejada desde la marca y la conducen hasta dos fotodetectores  $5', 5''$ .

Haciendo referencia a la Fig. 1b, el Concentrador Parabólico Compuesto (CPC) está diseñado para producir una divergencia de ángulo de salida del haz de luz de  $180^\circ$ , asegurando de este modo una iluminación homogénea de

5 gran ángulo de la marca M ópticamente variable en todos los ángulos de incidencia, independientemente de la posición de la fuente de luz (LED) en su extremo opuesto. El CPC 3 es del tipo placa bidimensional y comprende dos placas de vidrio acrílico 31, 32 con la misma forma, las cuales están pegadas entre sí en sus superficies internas con pegamento acrílico. Dos muescas cortadas en las superficies internas de las placas sirven para alojar dos fibras ópticas O', O'' para recoger luz reflejada en ángulos casi ortogonales (0°) y casi rasantes (90°), respectivamente, desde la superficie de la marca y para conducirla hasta los fotodetectores 5', 5''. El CPC 3 lleva además un recubrimiento metálico reflectante en sus superficies externas que no están implicadas en la transmisión de luz.

10 En una variante, tal y como se muestra en la figura 1c, un CPC 3' hueco preferentemente de aluminio, que presenta superficies internas pulidas P1 y P2, puede utilizarse en lugar del CPC 3 de PMMA. La luz (mostrada como flechas) proporcionada por fuentes de luz (no mostradas) entra en el CPC 3' a través de una apertura A1 y sale a través de una apertura A2. Opcionalmente puede utilizarse un CPC en forma de cono (cuerpo giratorio), ya sea en forma de un cono dieléctrico PMMA macizo, que puede presentar además superficies externas revestidas de manera reflectante o con espejos, o en forma de un CPC hueco que presenta preferentemente una superficie interna pulida.

15 Las fuentes de luz 4', 4'',..., se eligen preferentemente entre los LED disponibles comercialmente, los cuales tienen longitudes de onda de emisión que oscilan desde la longitud de onda UV (300 nm) hasta la longitud de onda de IR medio (5.000 nm y superior). Preferentemente, son LED de emisión de gran ángulo.

20 En una forma de realización preferida se seleccionan 8 LED en el intervalo de longitudes de onda comprendido entre 350 nm y 2.500 nm, e incluso más preferentemente entre 350 nm y 1.100 nm, por ejemplo como el siguiente conjunto de LED distribuido por Roithner Lasertechnik, Viena, Austria:

Intervalo	Tipo	longitud de onda;
UV:	380D30	380 nm, 20mA, 30°, plástico de 5mm
Azul:	HUBL-510L	468 nm, 20mA, 15°, plástico de 5mm
Verde:	B5-433-B525	525 nm, 20mA, 15°, plástico de 5mm
Amarillo:	OPE5T59UY	590 nm, 20mA, 15°, plástico de 5m m
Rojo:	HURD-5101L	660 nm, 20mA, 18°, plástico de 5mm
IR1:	ELD-740-524	740 nm, 100mA, 20°, plástico de 5mm
IR2:	OPE5T85	840 nm, 100mA, 15°, plástico de 5mm
IR3:	ELD-950-525	950 nm, 100mA, 20°, plástico de 5mm

25 Estas longitudes de onda se eligen para cubrir el espacio comprendido entre 350 nm y 1.100 nm de una manera casi uniformemente espaciada, y para ser compatible con la forma de realización del dispositivo divulgado posteriormente.

Para aplicaciones particulares, los LED pueden seleccionarse para comprender más LED en una región de longitud de onda particular, por ejemplo, la región IR entre 700 y 1.100 nm, de la siguiente manera (LED de la misma fuente como se ha indicado anteriormente):

Intervalo	Tipo	longitud de onda
UV:	380D30	380 nm
IR1:	ELD-740-524	740 nm
IR2:	ELD-780-514	780 nm
IR3:	ELD-840-515	840 nm
IR4:	ELD-880-525	880 nm
IR5:	IR383	940 nm
IR6:	LED-970-06	970 nm
IR7:	LED-1050-03	1.050 nm

30 Esta forma de realización es particularmente adecuada para detectar una pluralidad de características infrarrojas invisibles ("colores infrarrojos") en el intervalo comprendido entre 700 nm y 1.100 nm, junto con una emisión de luminiscencia infrarroja que puede excitarse con luz UV de onda larga (entre 360 y 400 nm).

35 La forma de realización también puede comprender una selección de LED que emiten en la longitud de onda infrarroja más lejana (entre 1.100 y 2.500 nm) como (misma fuente):

Tipo	longitud de onda;
LED-1300-03	1.300 nm; 1,0 mW @ 50 mA; 30°; plástico de 5mm
LED-1450-03	1.450 nm; 1,0 mW @ 50 mA; 30°; plástico de 5mm
LED-1550-03	1.550 nm; 1,0 mW @ 50 mA; 30°; plástico de 5mm
LED17	1.700 nm; 1,0 mW @ 80 mA;
LED19	1.900 nm; 1,0 mW @ 80 mA;
LED20	2.000 nm; 1,0 mW @ 80 mA;
LED21	2.100 nm; 1,0 mW @ 80 mA;
LED23	2.300 nm; 0,75 mW @ 80 mA;

5 El dispositivo según la presente invención comprende al menos dos fotodetectores. En una forma de realización preferida, dicho fotodetector es sensible a la luz comprendida en el intervalo de longitudes de onda comprendido entre 200 nm y 2.500 nm, pero también es posible utilizar detectores que sean sensibles a longitudes de onda superiores o inferiores a este intervalo. Además, el fotodetector puede ser de cualquier tipo de estado sólido u otro, es decir, un fotodiodo, un diodo de avalancha, un fototransistor, un fotoresistor, un dispositivo acoplado por carga, un fotomultiplicador, un bolómetro, una termopila o un detector piroeléctrico, etc., y puede tener una sensibilidad espectral de banda ancha o banda estrecha.

10 En una forma de realización preferida, el fotodetector es un fotodiodo conectado a un amplificador de tipo corriente a tensión (transimpedancia), con el fin de suministrar una señal comprendida en un intervalo de tensión útil a un circuito de conversión de analógico a digital posterior. En la forma de realización más preferida se utilizan fotodiodos de silicio de tipo PN o PIN; son intrínsecamente sensibles en el intervalo de longitudes de onda comprendido entre 200 nm y 1.100 nm. Dispositivos de este tipo, entre otras fuentes, se distribuyen por Hamamatsu Photonics, por ejemplo:

S1336-5BQ	PN	190 a 1.100 nm,	superficie activa de 2,4x2,4 mm
S7329-01	PIN	320 a 1.060 nm,	superficie activa de 2,0x2,0 mm

20 Para aplicaciones particulares se prefiere un fotodiodo con un preamplificador integrado con el fin de limitar la influencia de ruido ambiental eléctrico, por ejemplo: los tipos de fotodetectores integrados Hamamatsu S8745 o Hamamatsu S8746.

25 Para la sensibilidad espectral en el intervalo IR extendido (900 a 2.500 nm), pueden utilizarse fotodiodos de InGaAs, por ejemplo los Hamamatsu G8372-03 900 a 2.100 nm. Los fotodiodos de GaAsP son adecuados para el intervalo visible (400 a 760 nm), por ejemplo el dispositivo Hamamatsu G1736; y los fotodiodos de GaP son adecuados para el intervalo comprendido entre la luz UV y la luz verde (190 a 550 nm), por ejemplo el dispositivo Hamamatsu G1962. Los detectores de SiC de Laser Componentes, USA, son sólo intrínsecamente sensibles al intervalo de longitudes de onda UV (210 a 380 nm).

30 El dispositivo de autenticación de la forma de realización comprende un sistema de circuitos electrónicos construido en torno a un procesador PIC16F872 7. Este procesador tiene un conjunto de instrucciones RISC de 35 elementos, 2 K x 14 palabras de memoria de programas Flash, 128 x 8 octetos de memoria de datos RAM, 64 x 8 octetos de memoria de datos EEPROM, un convertidor A/D incorporado de 10 bits y 5 canales, y puede funcionar a velocidades de reloj de hasta 20 MHz. Además, el procesador puede programarse en serie completamente en un circuito, permitiendo que su programación o reprogramación sea independiente de la fabricación. Está disponible como un chip estándar en una cápsula DIL de 28 patillas que funciona con una única fuente de alimentación de 5 V.

35 En la forma de realización, el procesador PIC 7 acciona hasta 8 LED iluminadores 4', 4'',..., de diferentes longitudes de onda de emisión (asignados a las patillas 21 a 28), dos LED indicadores 91, 92 (por ejemplo, un LED verde y otro rojo; asignados a las patillas 17, 18), y opcionalmente un zumbador para una salida sonora (por ejemplo, asignado a la patilla 15). Una línea de salida adicional (patilla 16) está dedicada a la función de mantenimiento automático de energía a través del circuito de gestión de energía 8. Las patillas de salida del procesador soportan una carga de hasta 25 mA en el modo de inmersión de corriente, permitiendo una activación directa y sin almacenamientos intermedios de los LED y del zumbador.

40 El procesador PIC 7 tiene un convertidor A/D integrado de 10 bits (que proporciona 1024 etapas digitales entre dos referencias de tensión seleccionables; se toma normalmente como una fuente de 0 V y como una fuente de 5 V estabilizada), cuya entrada analógica puede asignarse a 5 patillas de I/O diferentes. Por lo tanto, el dispositivo de detección puede estar equipado con dos o más fotodetectores 5', 5'', estado cada uno conectado a la entrada de

una fase de amplificador/convertidor de corriente a tensión correspondiente 6, 6". Los fotodetectores 5', 5" de la presente forma de realización son fotodiodos activados en el modo fotovoltaico o en el modo fotoconductor; en el ejemplo proporcionado (Fig. 2) se utiliza el modo fotovoltaico. Los convertidores de corriente a tensión 6', 6" han ajustado de manera apropiada factores de amplificación para suministrar una señal en el intervalo de tensión útil a las entradas del convertidor A/D del procesador (patillas 2 a 5). Si fuera necesario, también puede implementarse una función de ganancia variable para estos amplificadores, controlada por el procesador 7.

En una forma de realización particular para discriminar entre luz reflejada polarizada circularmente levógira y dextrógira, se utilizan cuatro fotodiodos montados detrás de cuatro filtros de polarización circular, siendo cada fotodiodo para una vista ortogonal y una vista rasante y estando montados detrás de cada filtro de polarización circular levógira y dextrógira. Por supuesto, los filtros de polarización circular también pueden insertarse en otro lugar de la trayectoria óptica entre la marca reflectante y los fotodiodos.

Dos líneas de entrada digital (patillas 11, 12) del procesador PIC 7 se utilizan para leer los interruptores de botón R y T de "referencia" y de "ensayo". Ambos interruptores, además de su función indicada, encienden de manera independiente el dispositivo a través del circuito de gestión de energía 8 e, indirectamente, disparan la función de reinicio automático del procesador PIC 7. La funcionalidad de encendido se implementa en forma de un interruptor electrónico que actúa en el circuito de suministro de energía general 8 del dispositivo.

Después del encendido, el procesador 7 se inicializa y fija la patilla de mantenimiento de energía en el estado activo antes de leer los interruptores R y T y de iniciar la secuencia de procesamiento apropiada ("adquisición de referencias" o "ensayo"). La patilla de mantenimiento de energía mantiene activado el interruptor de energía general, incluso si el botón se ha soltado mientras tanto.

Después de la finalización de la secuencia de procesamiento, incluyendo la emisión del resultado de la operación durante un tiempo de espera predeterminado, el procesador 7 hace que la patilla de mantenimiento de energía pase al estado inactivo, haciendo que todo el dispositivo de autenticación se apague.

La funcionalidad de E/S del procesador PIC se proporciona por tanto de la siguiente forma:

8	patillas para accionar los LED iluminadores	(salida)
1	patilla para accionar el interruptor de mantenimiento de energía	(salida)
2	patillas para accionar los LED indicadores	(salida)
1	patilla para accionar el zumbador (opcional)	(salida)
2	patillas para leer los botones de contacto	(entrada)
4	patillas para leer hasta 4 fotodiodos	(entrada A/D)
2	patillas para la programación en el circuito	(entrada)

lo que da como resultado la utilización de un total de 19 ó 20 líneas de E/S.

Las líneas de E/S adicionales del procesador pueden asignarse a funciones complementarias, concretamente a un conector de transferencia de datos en serie para fines de comunicación, supervisión y depuración.

Con referencia a la Fig. 1a, el circuito electrónico del dispositivo está contenido en una placa de circuito impreso (PCB), el procesador PIC16F872 7, un estabilizador de energía 8 de 5 V, un resonador de cuarzo (4 MHz, no mostrado), componentes para la función de mantenimiento automático de energía, dos interruptores de botón de contacto (R, T), dos LED indicadores 91, 92 con resistencias, un zumbador (opcional) (no mostrado), ocho LED iluminadores 4', 4",..., de diferentes longitudes de onda (UV, azul, verde, amarilla, naranja, roja, IR1, IR2) con resistencias correspondientes, dos fotodiodos 5', 5", dos amplificadores de transimpedancia 6', 6" con resistencias de realimentación correspondientes, así como los conectores para la programación en el circuito y para fines de supervisión (no mostrados).

El dispositivo de autenticación comprende además dos interruptores de botón de contacto R y T (etiquetados como "referencia" y "ensayo"), los cuales pueden activar la fuente de alimentación 8 del dispositivo cuando se pulsan, además de disparar sus funciones específicas de "definición de valores de referencia" y de "ensayo de muestra", respectivamente. La fuente de alimentación 8 permanece activa tras soltar los botones de cotacto hasta que el procesador 7 se apague por sí mismo tras completar las operaciones.

El dispositivo comprende dos indicadores LED, uno verde 91 para "éxito" y otro rojo 92 para "fallo", que indican el resultado de la operación. Opcionalmente, también puede haber un zumbador, el cual proporciona una señal de control sonora. Cuando se pulsa el botón R ("referencia"), el dispositivo mide las características ópticas de una muestra de referencia y almacena los valores digitales correspondientes en una memoria permanente del

- procesador 7. El indicador "éxito" 91 se activa para indicar la finalización satisfactoria de la adquisición de referencia. El dispositivo se apaga solo después de un tiempo de espera corto predefinido. Cuando se pulsa el botón T ("ensayo"), el dispositivo mide las características ópticas de una muestra de ensayo y compara los valores digitales correspondientes con los valores almacenados anteriormente de la muestra de referencia, según un algoritmo predefinido almacenado en una memoria del procesador 7. El indicador verde "éxito" 91 se activa para indicar un resultado de autenticación positivo, mientras que el indicador rojo "fallo" 92 se activa para indicar un resultado de autenticación negativo, según un criterio preestablecido. El dispositivo se apaga solo después de un tiempo de espera corto predefinido.
- El dispositivo de la forma de realización a modo de ejemplo se ha diseñado para funcionar en un bloque de baterías estándar 10 de 9V que se estabiliza mediante el circuito de gestión de energía 8 para obtener la tensión operativa requerida de 5V. Toda la placa de circuito (PCB) está alojada en un alojamiento 2 que comprende además un soporte de batería 10 para una pila o batería de 9V y un CPC 3 de PMMA como el componente óptico de iluminación/recogida.
- Este dispositivo de autenticación modular que realiza el procedimiento de la invención está diseñado en primera instancia para la autenticación de muestras con respecto a elementos de referencia certificados, comparando las intensidades de luz reflejadas en dos ángulos diferentes para 8 o más calidades de iluminación diferentes en la parte UV, visible o NIR del espectro. Estas calidades de iluminación se proporcionan en gran medida por los espectros de emisión de los LED iluminadores correspondientes 4', 4'',..., que pueden elegirse por tanto para ajustarse a cualquier tipo de aplicación particular.
- El experto en la técnica, basándose en la descripción proporcionada en este documento, puede concebir un gran número de formas de realización alternativas. En particular, puede elegir utilizar más de 8 LED con el fin de mejorar la discriminación espectral, o puede elegir utilizar menos de 8 LED y asignar las patillas de E/S libres a funciones de entrada o salida complementarias, tales como fotodetectores adicionales o una unidad de visualización. También puede elegir utilizar más de dos fibras colectoras O y fotodetectores 5' con el fin de mejorar adicionalmente la potencia de discriminación del dispositivo para características espectralmente variables que dependen del ángulo.
- A continuación se hace referencia a un procedimiento para autenticar un elemento que lleva una marca que presenta características ópticas particulares predefinidas. En detalle, puede considerarse que el procedimiento comprende una primera parte de "adquisición de referencias" y una segunda parte de "ensayo", que pueden llevarse a cabo de manera independiente y separada entre sí en el tiempo y en el espacio.
- Las figuras 3a y 3b ilustran en detalle la parte de adquisición de referencias del procedimiento, en el que el dispositivo de autenticación se utiliza para medir y almacenar datos de reflectancia de referencia de una marca de un elemento de referencia:
- iluminar secuencialmente dicha marca con al menos dos iluminaciones, es decir, calidades de luz que presentan diferentes características espectrales;
  - para cada etapa de iluminación en a), recoger la luz reflejada por dicha marca al menos en dos ángulos de observación diferentes predefinidos con respecto al plano de la marca y midiendo su intensidad;
  - almacenar los valores de intensidad medidos de la etapa b) en una memoria digital permanente.
- Según la Fig. 3a, la adquisición de referencias se lleva a cabo por separado para cada elemento de referencia U, V,..., diferente. El dispositivo de autenticación sólo puede utilizarse para la autenticación de un elemento determinado cada vez.
- En un segundo ejemplo de la adquisición de referencias, según la Fig. 3b, se miden varios elementos de referencia U, V,..., y sus datos se almacenan conjuntamente en un mismo dispositivo de autenticación, pudiendo servir posteriormente para la autenticación de múltiples elementos diferentes.
- Las Figuras 4a y 4b ilustran en detalle la parte de ensayo del procedimiento de autenticación según la invención, en el que el dispositivo de autenticación, que comprende datos de referencia almacenados anteriormente, se utiliza para comparar datos de reflectancia de una marca de un elemento bajo ensayo con dichos datos de referencia almacenados anteriormente:
- iluminar secuencialmente dicha marca con al menos dos iluminaciones, es decir, calidades de luz que presentan diferentes características espectrales, al igual que en la etapa a);
  - para cada etapa de iluminación en d), recoger la luz reflejada por dicha marca al menos en dos ángulos de observación diferentes predefinidos con respecto al plano de la marca y midiendo su intensidad;

f) comparar según un algoritmo predefinido dichos valores de intensidad medidos de la etapa e) con valores de referencia correspondientes almacenados anteriormente, y obtener un indicador de autenticidad a partir del resultado de la comparación utilizando un criterio de decisión preestablecido.

5 La forma de realización mostrada en la Fig. 4a permite a un usuario verificar las marcas de seguridad sin tener que haber adquirido él mismo anteriormente datos de referencia o haber calibrado el dispositivo de autenticación. Los datos correspondientes adquiridos de U' se comparan con datos de referencia digitales almacenados de U según un algoritmo preprogramado y un criterio de decisión, visualizándose una indicación relacionada con la autenticidad de la marca ("éxito" o "fallo").

10 La forma de realización mostrada en la Fig. 4b permite al usuario adquirir los datos de reflectancia de referencia de un artículo de referencia U antes de verificar la autenticidad de un artículo de ensayo U' con el mismo dispositivo de autenticación. Asimismo, los datos de ensayo y de referencia se comparan en forma digital utilizando un algoritmo preprogramado y un criterio de decisión, obteniéndose y visualizándose una indicación relacionada con la autenticidad de la marca de seguridad ("éxito" o "fallo").

15 Una ventaja intrínseca del procedimiento divulgado en este documento sobre los procedimientos de la técnica anterior es su gran tolerancia a variaciones de las especificaciones de hardware del dispositivo. Un mismo dispositivo se utiliza para comparar un artículo bajo ensayo con un artículo de referencia auténtico certificado. Esta tarea no requiere valores absolutos de cantidades físicas que han de medirse y compararse; basta con comparar el artículo bajo ensayo, tal y como lo ve el dispositivo de autenticación en cuestión, con el artículo de referencia, tal y como le ve el mismo dispositivo de autenticación. Esto permite unas especificaciones de componente menos estrictas y, por lo tanto, reducir el coste de fabricación del dispositivo de autenticación.

20 El dispositivo de autenticación según la invención puede diseñarse para la medición y comparación de propiedades ópticas complementarias, además de las propiedades de reflectancia difusa de superficies ópticamente variables (con cambios de color); tales propiedades adicionales incluyen una emisión de luminiscencia inmediata o retardada y características de luminiscencia dependientes del tiempo. Esto puede conseguirse a través de una programación apropiada del procesador o controlador, junto con el hardware correspondiente, con el fin de ejecutar las secuencias de iluminación y detección requeridas y las rutinas de análisis de señal.

De manera análoga pueden evaluarse propiedades magnéticas añadiendo un sensor magnético al dispositivo y conectando su salida, después de una preamplificación apropiada, a una entrada del convertidor A/D del circuito de microcontrolador, y proporcionando una programación apropiada del dispositivo.

30 Según una forma de realización del procedimiento de autenticación, y con referencia a la Fig. 2, se autentica una muestra que tiene una marca que presenta un espectro de reflexión de luz que depende del ángulo de visión. El dispositivo de autenticación presenta un cabezal de sonda, según la Fig. 1b, que comprende 8 LED diferentes 4', 4",..., 4''''''', conectados a 8 líneas de salida del procesador 7 (patillas 21 a 28) y que emite en el intervalo UV, visible e infrarrojo (350 a 1.050 nm) del espectro. El dispositivo tiene dos fotodiodos adicionales 5', 5" que son sensibles a todo el intervalo de emisión (350 a 1.050 nm) de dichos LED. Dichos fotodiodos 5', 5" están conectados a amplificadores de transimpedancia 6', 6" de un factor de amplificación moderado, que a su vez suministran su señal de salida a un convertidor de analógico a digital (A/D) del procesador 7 (patillas 2, 3).

35 El cabezal de sonda del dispositivo de autenticación se aplica encima de la marca y el procedimiento de autenticación se inicia pulsando el botón de contacto "ensayo" o el botón de contacto "referencia". Después de activarse e inicializarse, el procesador 7 enciende secuencialmente los 8 LED 4', 4",..., y para cada etapa i de esta secuencia, almacena en su memoria de trabajo dos valores digitales, lo(i) y lg(i), los cuales se obtienen a partir de las señales suministradas por los fotodiodos 5', 5" a los convertidores A/D del procesador 7 (patillas 2, 3) a través de los amplificadores 6', 6". Dichos valores son representativos de la intensidad de luz reflejada desde la superficie de la marca en un ángulo casi ortogonal (lo(i)) y en un ángulo casi rasante (lg(i)) para la calidad i de iluminación dada. Finalmente, 16 valores, correspondientes a los resultados de intensidad para los 8 LED, están disponibles y constituyen una representación aproximada de los espectros de reflectancia difusa de muestra tanto en ángulos de reflexión casi ortogonales como en ángulos de reflexión casi rasantes para las calidades de iluminación examinadas.

40 En una forma de realización alternativa del procedimiento, dichos valores medidos pueden corregirse adicionalmente para errores de medición sistemáticos, tales como los efectos de la radiación de fondo o de parámetros de instrumentos que varían lentamente (intensidad de luz, etc.). Los datos, algoritmos y parámetros para llevar a cabo tal corrección pueden estar contenidos en la memoria interna del dispositivo.

45 En una variante, la adquisición de referencias también puede efectuarse con respecto a una referencia blanca, y los valores de densidad óptica D pueden obtenerse según la fórmula  $D = \log_{10} (I_w/I)$ ;  $I_w$  = intensidad reflejada de la referencia blanca; I = intensidad reflejada de la marca bajo las mismas condiciones. Preferentemente, los valores de

55

referencia blanca  $I_w$  se almacenan con el fin de que sirvan para la misma finalidad en las operaciones de ensayo posteriores.

5 En un ciclo de "adquisición de referencias", los valores obtenidos se transforman ahora como valores de referencia  $I_{oR}(i)$ ,  $I_{gR}(i)$  en una memoria permanente del procesador 7, llegándose al final de la operación. Después de un corto tiempo de espera, el procesador 7 apaga el dispositivo.

En un ciclo de "ensayo", los pares de valores  $I_o(i)$ ,  $I_g(i)$  se comparan ahora con pares de valores de referencia almacenados  $I_{oR}(i)$ ,  $I_{gR}(i)$ , obtenidos anteriormente a partir de una muestra de referencia utilizando la misma geometría de medición, las mismas condiciones y el mismo equipo. Dicha comparación puede efectuarse tomando las diferencias  $d_o(i) = I_o(i) - I_{oR}(i)$ ,  $d_g(i) = I_g(i) - I_{gR}(i)$  y, por ejemplo, sumando los cuadrados de las desviaciones:

10 
$$S = \sum d_o(i)^2 + d_g(i)^2 \quad (\text{suma para todos los valores de } i)$$

o, como alternativa, los valores absolutos:

$$S = \sum |d_o(i)| + |d_g(i)| \quad (\text{suma para todos los valores de } i)$$

15 S, que es una medida de la correspondencia entre los valores medidos y los valores de referencia, puede probarse finalmente con respecto a un criterio predefinido con el fin de decidir si la muestra bajo ensayo se considera auténtica o no. El resultado de la autenticación se visualiza, llegándose al final de la operación. Después de un corto tiempo de espera, el procesador 7 apaga el dispositivo.

20 Dada la respuesta inmediata de la reflexión de la luz en la dinámica de iluminación y las intensidades de señal disponibles relativamente grandes, todo el ciclo o secuencia de medición puede llevarse a cabo de una manera muy rápida, normalmente en un tiempo no superior a un milisegundo. Esto hace que el procedimiento y el dispositivo puedan utilizarse igualmente en aplicaciones de autenticación de alta velocidad y de baja velocidad.

## REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para determinar la autenticidad de un artículo tal como un documento de seguridad, un objeto de valor o un embalaje, llevando el artículo una marca (M) que presenta un espectro de reflexión de luz que depende del ángulo de visión, comprendiendo el procedimiento las etapas de:
  - 5 a) iluminar dicha marca con al menos una primera fuente de luz (4') que tiene primeras características espectrales;
  - b) recoger luz reflejada por dicha marca en al menos dos ángulos de observación diferentes predefinidos con respecto al plano de la marca, y medir su intensidad respectiva;
  - 10 c) iluminar dicha marca con al menos una segunda fuente de luz (4'') que tiene segundas características espectrales;
  - d) recoger luz reflejada por dicha marca en al menos dos ángulos de observación diferentes predefinidos con respecto al plano de la marca, y medir su intensidad respectiva;
  - 15 e) comparar según un algoritmo predefinido dichos valores de intensidad medidos de las etapas b) y d) con valores de referencia correspondientes almacenados anteriormente, y obtener un indicador de autenticidad a partir del resultado de comparación utilizando un criterio de decisión preestablecido;

**caracterizado porque** la iluminación de las etapas a) y c) es una iluminación de gran ángulo proporcionada a través de un Concentrador Parabólico Compuesto (3).
2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** los valores de intensidad medidos de etapa b) y/o de etapa d) se almacenan en una memoria digital permanente.
- 20 3. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones 1 a 2, **caracterizado porque** un primero de dichos al menos dos ángulos de observación predefinidos se elige entre 0° y 45°, más preferentemente entre 0° y 35°, y un segundo de dichos ángulos de observación se elige entre 45° y 90°, más preferentemente entre 50° y 80°, con respecto a la normal al plano de la marca.
- 25 4. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** dicha luz reflejada por dicha marca en dichos ángulos de observación se recoge mediante fibras ópticas.
5. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** la intensidad de dicha luz reflejada por dicha marca en dichos ángulos de observación se mide después del paso de dicha luz a través de un filtro óptico.
- 30 6. Procedimiento según la reivindicación 5, **caracterizado porque** dicho filtro óptico es un filtro de polarización circular levógira o dextrógira.
7. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado porque** al menos una de dichas iluminaciones que tienen diferentes características espectrales se proporciona por un diodo de emisión de luz.
- 35 8. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado porque** al menos una de dichas iluminaciones que tienen diferentes características espectrales se proporciona por un diodo láser (LD).
9. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado porque** al menos una de dichas iluminaciones que tienen diferentes características espectrales se proporciona por una fuente de luz (4) equipada con un filtro óptico.
- 40 10. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado porque** una emisión de fotoluminiscencia inmediata o retardada de dicha marca, en el intervalo UV, visible o IR del espectro electromagnético, se mide además de dicho espectro de reflexión de luz dependiente del ángulo de visión.
- 45 11. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado porque** una propiedad magnética de la marca se mide además de dicho espectro de reflexión de luz dependiente del ángulo de visión.
12. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones 1 a 11, **caracterizado porque** dichos valores medidos y dichos valores de referencia correspondientes almacenados anteriormente se obtienen utilizando el mismo dispositivo físico.

13. Dispositivo (1) para determinar la autenticidad de un artículo, tal como un documento de seguridad, un objeto de valor o un embalaje, que lleva una marca que presenta un espectro de reflexión de luz que depende del ángulo de visión; comprendiendo dicho dispositivo
- 5
- al menos dos fuentes de luz (4', 4") que tienen características espectrales diferentes para proporcionar iluminación secuencial a dicha marca;
  - al menos dos fotodetectores (5'; 5") con ópticos colectores opcionales para recoger la luz reflejada por dicha marca en al menos dos ángulos de observación diferentes predefinidos y para transferir una señal eléctrica correspondiente a la intensidad de luz recogida;
  - medios de conversión de analógico a digital, de procesamiento, de control y de memoria para controlar las fuentes de luz (4), digitalizar y almacenar valores de intensidad reflejada, para comparar dichos valores de intensidad con valores de referencia correspondientes almacenados anteriormente y para obtener un indicador de autenticidad a partir del resultado de comparación, todo según un algoritmo predefinido y utilizando un criterio de decisión preestablecido;
- 10
- caracterizado porque** el dispositivo (1) comprende un óptico de iluminación de gran ángulo para guiar la luz de dichas fuentes de luz hasta dicha marca, en el que dicho óptico de iluminación de gran ángulo es un Concentrador Parabólico Compuesto (3).
- 15
14. Dispositivo (1) según la reivindicación 13, **caracterizado porque** un primero de dichos al menos dos ángulos de observación predefinidos se elige entre 0° y 45°, más preferentemente entre 0° y 35°, y un segundo de dichos ángulos de observación se elige entre 45° y 90°, más preferentemente entre 50° y 80°, con respecto a la normal al plano de la marca.
- 20
15. Dispositivo (1) según una o más de las reivindicaciones 13 a 14, **caracterizado porque** comprende al menos una fibra óptica para recoger dicha luz reflejada por dicha marca en dichos ángulos de observación.
16. Dispositivo (1) según una o más de las reivindicaciones 13 a 15, **caracterizado porque** comprende al menos un filtro óptico a través del cual se mide dicha luz reflejada por dicha marca en dichos ángulos de observación.
- 25
17. Dispositivo (1) según la reivindicación 16, **caracterizado porque** dicho filtro óptico es un filtro de polarización circular levógira o dextrógira.
18. Dispositivo (1) según una o más de las reivindicaciones 13 a 17, **caracterizado porque** al menos una de dichas fuentes de luz (4) es un diodo de emisión de luz.
- 30
19. Dispositivo (1) según una o más de las reivindicaciones 13 a 18, **caracterizado porque** al menos una de dichas fuentes de luz (4) es un diodo láser.
20. Dispositivo (1) según una o más de las reivindicaciones 13 a 19, **caracterizado porque** al menos una de dichas fuentes de luz (4) está equipada con un filtro óptico.
- 35
21. Dispositivo (1) según una o más de las reivindicaciones 13 a 20, **caracterizado porque** soporta un "modo de aprendizaje" programado para determinar valores de intensidad reflejada de un artículo de referencia y almacenarlos como valores de referencia en una memoria digital, y un "modo de ensayo" programado para determinar valores de intensidad reflejada de un artículo que va a autenticarse y compararlos con dichos valores de referencia determinados y almacenados anteriormente, obteniendo de este modo dicho indicador de autenticidad.
- 40

Figura 1a

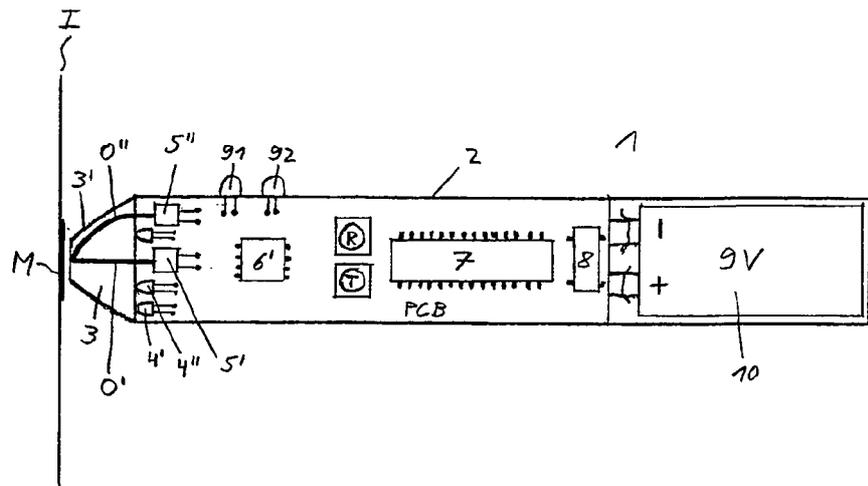


Figura 1b

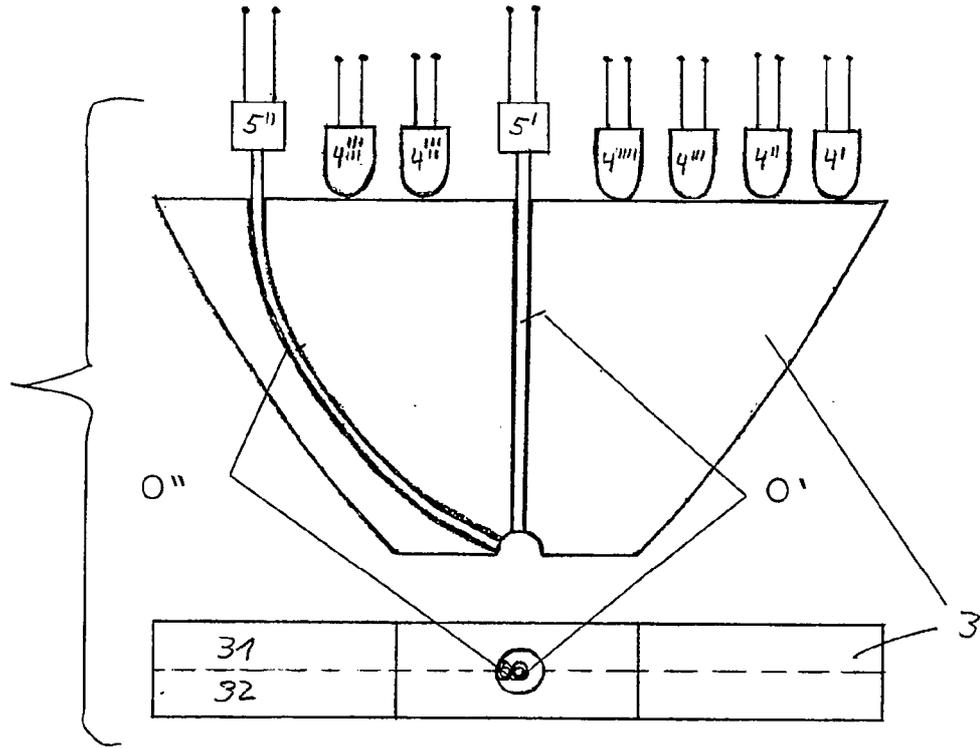


Figura 1c

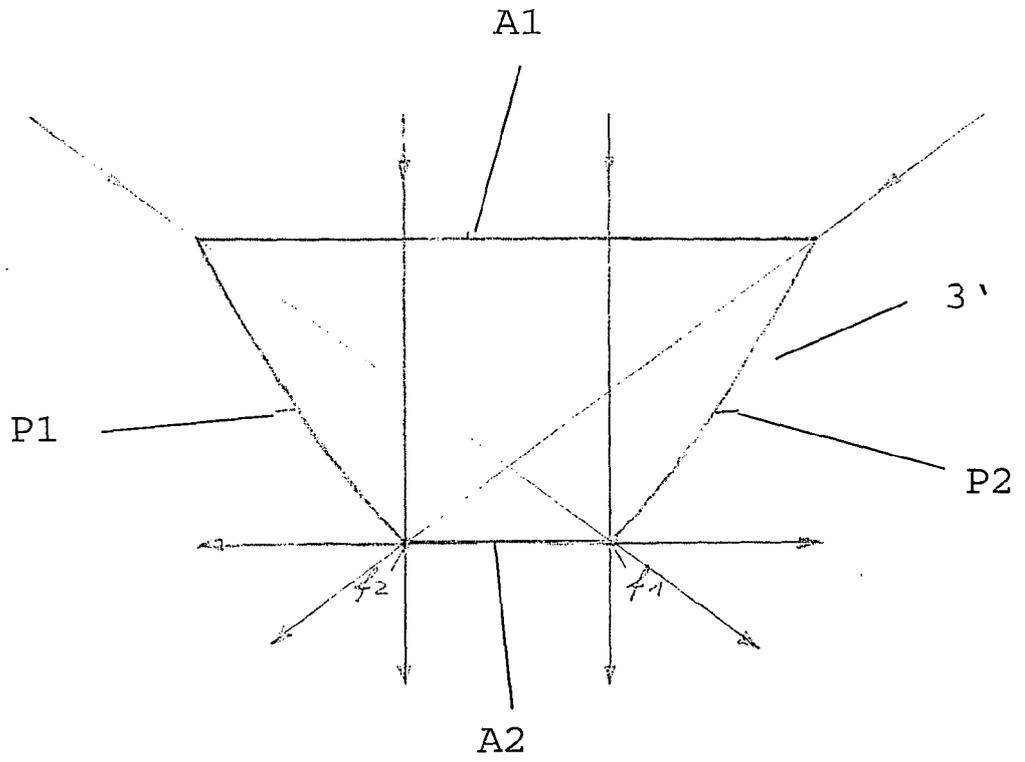


Figura 2

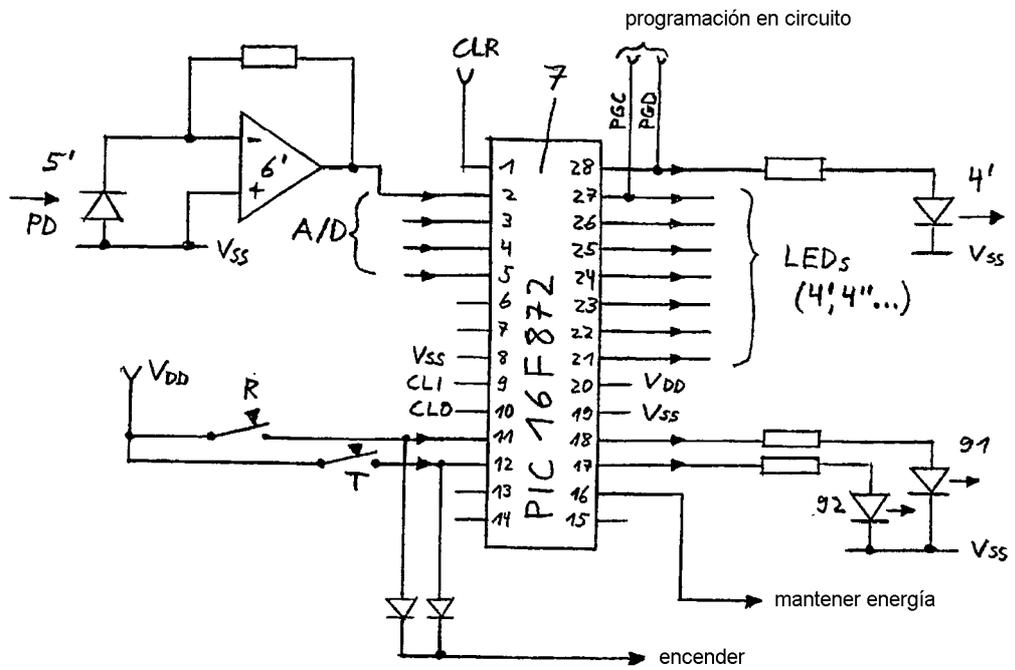


Figura 3a

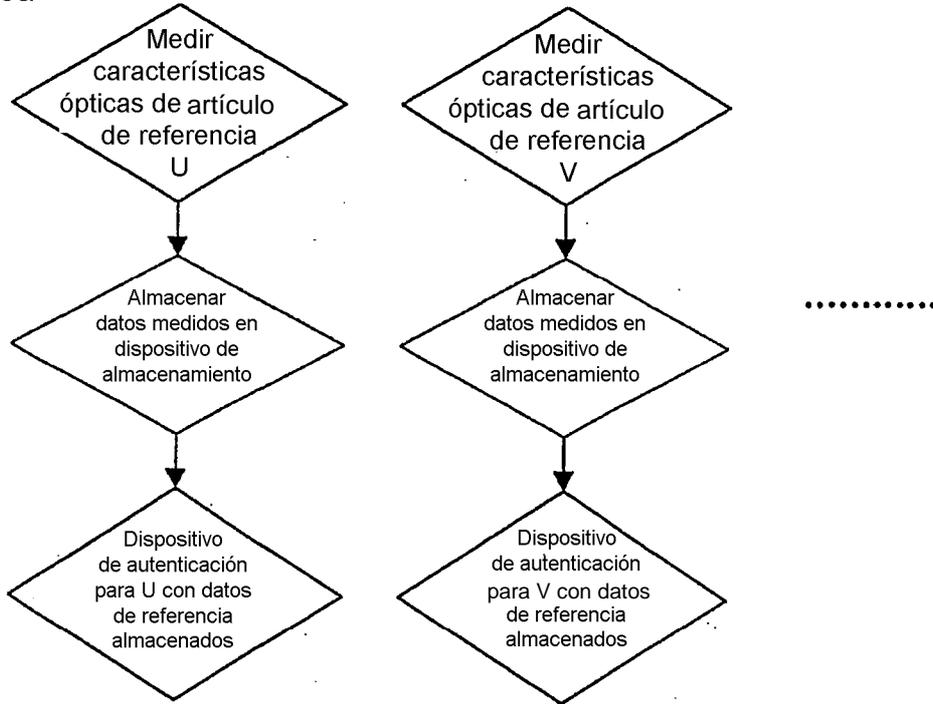


Figura 3b

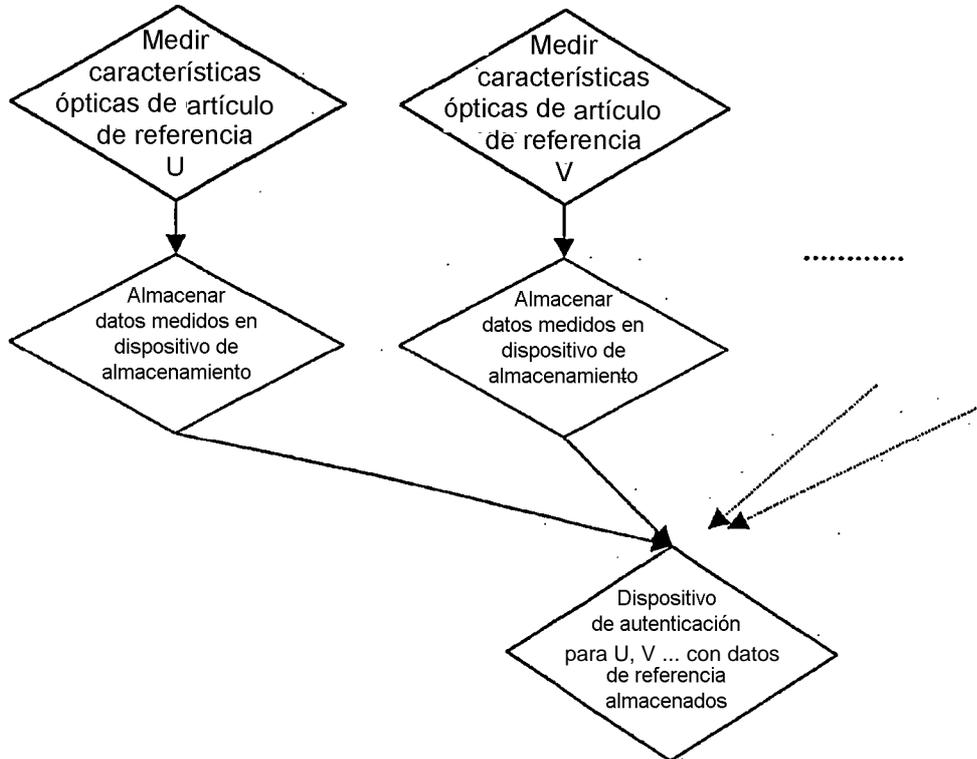


Figura 4a

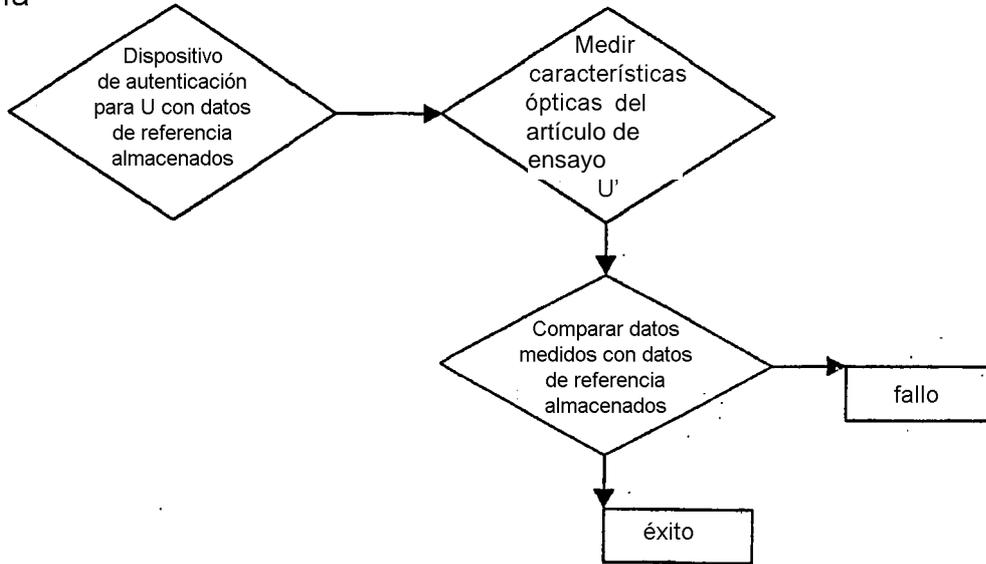


Figura 4b

