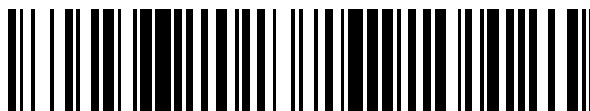


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 561 058**

51 Int. Cl.:

G06K 9/00 (2006.01)

G07D 7/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.09.2006 E 06793252 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.11.2015 EP 2024899**

54 Título: **Método para el uso de la microestructura de la superficie de materiales como identificador único**

30 Prioridad:

05.09.2005 EP 05108123

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

24.02.2016

73 Titular/es:

**ALPVISION S.A. (100.0%)
RUE DU CLOS 12
CH-1800 VEVEY, CH**

72 Inventor/es:

**JORDAN, FRÉDÉRIC;
KUTTER, MARTIN y
DI VENUTO, CÉLINE**

74 Agente/Representante:

TOMAS GIL, Tesifonte Enrique

ES 2 561 058 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

Método para el uso de la microestructura de la superficie de materiales como identificador único

5 Introducción

[0001] La presente solicitud afecta a la identificación visual de materiales o documentos para su seguimiento.

Estado de la técnica

10

[0002] Esta patente se refiere a los problemas de falsificación, alteración y trazabilidad.

Cada uno de estos tres problemas de seguridad son generalmente abordados con un enfoque específico:

15 - Para la falsificación, los enfoques se basan en marcas especiales (como hologramas, códigos de ADN, tintas variables ópticamente, criptóglifo, etc.) cuando el operador comprueba si la marca está ahí o no. Tales soluciones son útiles principalmente contra la falsificación (y alteración en algunos casos) y su seguridad se basa únicamente en la complejidad de falsificar la marca.

- Para la alteración, las soluciones se basan ya sea en una estrategia de codificación redundante o en un enfoque de alteración evidente.

20 La seguridad redundante se basa en una codificación doble de información crítica (como el nombre en un pasaporte que está también codificado en la banda magnética adjunta o el encriptado de un texto impreso en un documento que no debería ser modificado).

El sello de garantía puede también ser conseguido utilizando varios medios físicos o químicos que permiten detectar modificaciones realizadas a un documento o a un embalaje.

25 Tales medios incluyen tratamientos de papel especial que le permite colorearse inmediatamente por disolventes o sistemas de detección ultrasónica que son capaces a detectar una superposición en un trozo fino de papel.

- La trazabilidad se consigue utilizando una identificación única de cada artículo.

Este tipo de sistema usa normalmente una base de datos central que mantiene un registro de información para cada artículo numerado.

30 Debe observarse que la identificación única habilita potencialmente abordar todos los problemas de seguridad como falsificación, alteración y desvío. La siguiente sección detalla el estado de la técnica de este enfoque para su aplicación en cartón y papel, la identificación única se realiza a menudo mediante impresión por chorro de tinta (DOD o continua) de una cadena alfanumérica o un código de barras.

35 [0003] En caso de detectar una alteración, el objetivo es garantizar que los datos impresos en el texto sin cifrar de un documento no han sido ilegalmente modificados (por ejemplo se incrementa un valor de control).

Una forma simple de alcanzar este objetivo es identificando únicamente el documento (utilizando un código de barras o línea hexadecimal) con un número de identificación impreso en el documento.

40 Este número da acceso a través de una tabla de consulta a los datos también impresos del texto sin cifrar en el documento.

Luego es posible controlar si los datos impresos en el documento coinciden con los datos almacenados en la tabla de consulta (se puede utilizar el Reconocimiento Óptico de Caracteres para la automatización del proceso de comparación).

45 Existen muchas formas de implementar esta idea para problemas específicos, por ejemplo una solución para el control de la integridad de documentos de identidad se describe en US6920437, otro para pasaportes se da en US6565000.

50 [0004] La trazabilidad es particularmente importante para la búsqueda de la importación paralela de productos, pero también para otros fines de seguridad, en lo siguiente elegimos centrarnos en el problema de desviación específica en aras de la claridad.

Los identificadores únicos para cada embalaje enviado a un país A y por un distribuidor dado, se enumeran en una base de datos.

En caso de mercado gris, el bien se reimporta a un país B. Usando este código es luego posible rastrear el origen del bien.

55 Una particular arquitectura de sistema (que comprende un servidor central, base de datos y aplicaciones de cliente) de tal enfoque utilizando la base de datos central se describe en la patente US6922687, otra arquitectura de sistema se da en US6547137 (donde el identificador es impreso en una etiqueta fijada al producto).

Para la industria farmacéutica, esta solución puede también ser implementada por marcado del identificador directamente en una etiqueta o una píldora como se describe en US6776341.

60 Para la industria electrónica US6629061 se describe una solución donde el identificador es impreso en la placa de circuito e introducido en el dispositivo de memoria (otro enfoque para combatir el mercado de gris en esta industria se aporta en US 6459175 con fuentes de energía).

Para la industria textil, US6461987 describe una solución donde la identificación única se obtiene por medio de bandas de microetiquetas.

65

[0005] En caso de detectar una falsificación, los identificadores de todos los paquetes producidos o documentos se

guardan en una base de datos central.

Para cada producto es luego posible buscar en la base de datos y saber:

- Si el identificador pertenece a la base de datos.
Si es así, luego se comprueba que es un identificador válido, es decir que no ha sido inventado por unos falsificadores (los números de identificación son elegidos de forma aleatoria utilizando un algoritmo secreto).
- Si ya ha sido enviada otra solicitud para el mismo identificador.
Si es así, eso confirmaría que comprobaría que hay varias copias falsificadas del mismo producto en circulación.

[0006] Algunas de las solicitudes de patente enumeradas en la sección anterior de trazabilidad también describen soluciones para detectar falsificaciones.

Por lo tanto, la falsificación es también descrita en US6776341 (usando de etiquetas, como se ha descrito anteriormente) y US6461987 (usando bandas de microetiquetas en la industria textil, véase arriba).

[0007] El marcado del código se puede realizar bien mediante impresión o grabado como se describe en US6706314 (en este caso se puede usar un láser para la lectura) para la trazabilidad y aplicaciones antifalsificación.

Pueden también usarse fuentes luminosas especiales con material reactivo a longitudes de onda específicas.

Aunque este enfoque es generalmente más usado como respuesta sí/no (al ser capaz de generar un número muy limitado de identificadores diferentes), las patentes US6384409 y US6030657 (donde el material es una etiqueta biológica) mencionan la lucha contra el mercado de gris usando este enfoque.

Lo mismo ocurre con el lector magnético análogo descrito en US5975581.

[0008] El método de identificación única anteriormente descrito es por lo tanto un enfoque potente que permite resolver tres problemas de seguridad diferentes: alteración, trazado y falsificación.

Hasta el momento solo se ha investigado la identificación única investigada dependiendo solo de un marcado del producto.

Existe también un método totalmente diferente que permite la identificación única sin marcado (ambos enfoques son descritos en la figura 1).

[0009] De hecho, también es posible a medir precisamente algunas características de un documento o producto y usarlo a caracterizar el producto únicamente.

Por ejemplo, Ingenia Technology divulga una invención donde la microtopología de cartón y papel es medida utilizando una luz coherente (típicamente producida por un láser) y se usa para fines de identificación única en GB0418138.4, GB0418173.1, GB0418178.0 y GB0509635.9.

Esta tecnología puede ser directamente introducida en los dispositivos de impresión (como descrito en PCT/GB2005/000903).

Esta tecnología puede usarse básicamente en cualquier superficie caótica, usado una colección de fuentes de láser que permite investigar la superficie material en varias incidencias (como se describe en PCT/GB2005/000922).

Un enfoque similar fue también descrito en la solicitud GB2221870 de la De La Rue Company Pic, donde la dispersión de una luz coherente fue usada para la detección.

Otra solución es descrita en US6584214 por el Instituto Tecnológico de Massachusetts donde toda la estructura caótica 3D de un material se utiliza para generar un identificador único.

La estructura 3D es adquirida usando los dispositivos que se basan en luz coherente (para material transparente) o ultrasonido y rayos X (para materiales no transparentes).

Otro enfoque utilizando medición ultrasónica se describe en US5454045, donde las características (tanto macroscópicas o microscópicas) se miden dentro de un material, almacenan y posteriormente se comparan con las nuevas medidas para la prueba de compatibilidad.

No obstante, todos estos enfoques usan dispositivos de adquisición específica para facilitar la detección de características únicas requeridas para aplicaciones de identificación única.

La solicitud actual describe soluciones para dispositivos de formación de imágenes de uso estándar.

[0010] En la patente publicada US20050075984 (también en US20030014647-A1 y US20030712659) se describe un método original basado en el conjunto aleatorio de microburbujas insertadas en un medio transparente.

La detección se basa en medición de sombras y reflejos para determinar una firma única para cada conjunto de burbujas.

El medio transparente se adjunta luego físicamente al producto o documento a identificar.

Este enfoque es inusual, ya que está de alguna manera entre los dos procesos descritos en la figura 1: por un lado se trata de un proceso analógico aleatorio pero por otro lado requiere su aplicación física en el producto, que es conceptualmente el mismo enfoque que imprimir un número de serie.

[0011] Otra familia de soluciones se basa en la creación de una firma digital que utiliza la naturaleza aleatoria y caótica de los materiales.

Tal firma digital se puede usar para autenticación, encriptación o para detectar alteraciones.

Aplicaciones relacionadas con la autenticación son por ejemplo descritas en PCT/BY99/00011 (donde la firma se encripta e imprime en el material mismo).

Dos solicitudes de patente descritas por la compañía Signoptic Technologies se centran en la generación y uso de una firma digital utilizando una microestructura de material.

En el documento WO2005/122100, se describen diferentes aplicaciones donde la firma se utiliza para encriptar datos.

5 El documento WO2006/078651 se centra específicamente en las firmas obtenidas de materiales fibrosos para propósitos de autenticación.

[0012] No obstante, aquellos enfoques no tratan la aplicación de la llamada serialización en masa.

10 Esta estrategia se usa hoy en muchas industrias y consiste en marcar individualmente cada producto, lo que permite hacer un seguimiento de cada uno de ellos.

Tales marcas típicamente representan códigos de barras variables o códigos alfanuméricos que se imprimen digitalmente (usando inyección Drop On Demand o continua) o se graban (utilizando por ejemplo un marcado por láser).

15 Las soluciones descritas en la presente solicitud permiten proporcionar toda la funcionalidad ofrecida por serialización en masa pero sin necesidad de marcado alguno, solo utilizando imágenes de su microestructura.

Se describen en particular soluciones para proporcionar una alta velocidad automática en el registro e identificación de productos.

20 Descripción corta de la invención

[0013] La invención describe cómo ejecutar una identificación fiable de un producto utilizando solo una imagen óptica de la microestructura de su superficie.

La aleatoriedad de esta microestructura de un producto a otro se utiliza para identificar únicamente cada producto.

25 [0014] La identificación se realiza por una correspondencia entre la imagen adquirida y una base de datos de imágenes previamente registradas para la microestructura de todos los productos de una cadena de producción dada.

30 [0015] En el siguiente, algunos casos de materiales son específicamente analizados pero el método descrito no está limitado a estos materiales y se puede aplicar fácilmente a otros tipos de materiales y características detectadas por cualquier experto en la técnica de tratamiento de imagen y física de materiales.

35 [0016] La presente invención propone un método para identificar automáticamente un objeto tal y como se define en la reivindicación 1.

[0017] Los campos principales de aplicaciones de la tecnología presentada incluyen seguimiento, identificación y detección de falsificaciones.

Se describen tres versiones de la tecnología, cada una se ocupa de partes o de la totalidad de los campos de solicitud:

40 - El primer nivel se denomina "huella única" en este documento.
Con esta técnica es posible identificar, hacer un seguimiento único y detectar falsificaciones en algún artículo valioso o documento.

Esta tecnología se basa en la microestructura única de la superficie de cada artículo.

45 - El segundo nivel es la huella digital microscópica nombrada en el presente documento.
Con esta tecnología es posible detectar artículos falsificados pero no rastrearlos o a identificarlos únicamente.

Esta tecnología se basa en la microestructura del objeto usada para hacer el artículo, por ejemplo un molde o una hoja de offset, dependiendo del material con el que se haga el artículo.

50 - El tercer nivel se denomina huella digital macroscópica en el presente documento.
Este permite detectar artículos burdamente falsificados, tales como las medicinas falsas que se venden en el Internet.

Esta tecnología se basa en la estructura macroscópica del artículo a proteger.

55 [0018] Ejemplos de uso de esta tecnología son la vigilancia de la trazabilidad y antifalsificaciones, autenticación y antifalsificaciones de documento en papel, etiquetas o embalaje, autenticación de contenedores, recuperación de publicidad en las páginas de periódico, etcétera.

Esto se puede usar por ejemplo en la industria relojera, farmacéutica, alimentaria o de periódicos y más generalmente en cualquier industria que requiere la identificación de artículos sin marcado.

60 Esta tecnología ha sido denominada "huella digital" ya que se basa en conceptos que son similares a aquellos usados en tecnología de huella digital humana.

De hecho, la superficie interna de manos y pies de los seres humanos (todos primates de hecho) contiene salientes ínfimos con surcos entremedias que son únicos para cada individuo.

Esto es también así en la mayoría de materiales como madera, papel, metal u otros materiales recubiertos.

Descripción corta de las figuras

[0019] La invención se entenderá mejor gracias a los dibujos adjuntos en los que:

Figura 1: dos procesos diferentes permitiendo una identificación única.

Proceso 1: un proceso aleatorio analógico 11 (como la microestructura de un papel) se digitaliza con 12 y los datos resultantes se almacenan en un identificador único 13.

En el proceso 2, un generador 14 proporciona un valor aleatorio (o pseudoaleatorio) digital que se almacena como un identificador único 15 y finalmente impreso 16.

Figura 2: imagen de una parte agrandada de papel de oficina que muestra la importante aleatoriedad de la estructura de papel.

La altura de la imagen es de aproximadamente 1 mm.

La imagen ha sido procesada para mejorar el contraste.

Figura 3: una parte de un logo metálico en la parte trasera de un reloj.

La altura de la imagen es de aproximadamente 1 mm.

La imagen ha sido procesada para mejorar el contraste.

La imagen fue tomada con un escáner digital de oficina a 4'800 dpi.

Figura 4: una parte de plástico moldeado.

La altura de la imagen es de aproximadamente 5mm.

La imagen ha sido procesada para mejorar el contraste.

La imagen fue tomada con tal escáner a 2'400 dpi.

Figura 5: una parte de una área impresa en una etiqueta de papel.

La altura de la imagen es de aproximadamente 5mm.

La imagen ha sido procesada para mejorar el contraste.

La imagen fue tomada con un escáner a 2'400 dpi.

Figura 6: una parte de una esfera recubierta de un reloj.

La altura de la imagen es de aproximadamente 1 mm.

La imagen fue procesada para mejorar el contraste.

La imagen fue tomada con un microscopio a unos 10'000 dpi.

Figura 7: diagrama que muestra cómo los datos capturados pueden aumentar para prevenir posibles falsos positivos o detecciones falsas de negativo.

Figura 8: contornos del mismo texto impreso con tecnología industrial de rotograbado (escala ~1 mm de altura) para dos muestras sucesivas del mismo lote de producción.

Figura 9: imagen de un área de tinta uniforme de color impresa en offset (escala ~1 mm por altura de imagen).

Figura 10: diferencia entre estructura de un logo químicamente grabado de dos relojes de pulsera diferentes del mismo modelo.

La imagen ha sido procesada para mejorar el contraste.

El campo de visión es de alrededor de 5 mm y el dpi es 4'800. 101 es el logotipo grabado de un reloj. 102 es el logotipo grabado de otro reloj.

Figura 11: imagen que muestra cómo recuperar el ángulo de rotación de un artículo. 111 es la transformada de Fourier de un artículo específico. 112 es la adición de los valores en un eje de 111 a cada ángulo.

Figura 12: esquema de una adquisición de imagen con luz difusa y 2D CCD. 121 es el dispositivo de adquisición de imagen. 122 representa la luz difusa, 123 es la caja de luz y 124 es el artículo a verificar.

Figura 13: esquema de adquisición de imagen con luz especular. 131 es el dispositivo de adquisición de imagen, 132 representa la luz especular, 133 representa la luz reflejada y 134 es el artículo a verificar.

Figura 14: esquema de adquisición de imagen con luz difusa y 1 D CCD. 141 es el artículo a verificar, 142 es una hoja de vidrio, 143 es un movimiento de luz, 144 es un movimiento de espejo, 145 es un espejo fijo y 146 es un 1 D CCD.

Figura 15: imagen de una esfera recubierta observada con luz axial especular.

La imagen ha sido procesada para mejorar el contraste.

El campo de visión es aproximadamente 2 x 3 mm y el dpi es aproximadamente 10'000.

Figura 16: imagen de la misma esfera que en la figura 15 pero tomada con luz difusa 1D CCD.

La imagen ha sido procesada para mejorar el contraste.

El campo de visión es aproximadamente 5mm y el dpi es 4'800.

Figura 17: imagen de una esfera recubierta observada con luz axial especular.

La imagen ha sido procesada para mejorar el contraste.

El campo de visión es aproximadamente 2 x 3 mm y el dpi es aproximadamente 10'000.

Figura 18: imagen de la misma esfera que en la figura 17 pero tomada con luz difusa 1D CCD.

La imagen ha sido procesada para mejorar el contraste.

El campo de visión es aproximadamente 5mm y el dpi es 4'800.

Figura 19: esquema que describe la diferencia entre el tres niveles de tecnología de huella digital. 191 es el eje para la tecnología, 192 es el eje para el dpi. 193 representa la huella digital macroscópica, 194 representa la huella digital microscópica y 195 representa la huella digital única.

Las áreas blancas son las mejores áreas para la tecnología dada mientras que las áreas grises son extensiones posibles de la área para la tecnología dada.

Las resoluciones en dpi que corresponden con cada área dependen de las propiedades de los materiales.

Figura 20: imagen de dos partes traseras diferentes de relojes de pulsera que están estampadas. El campo de visión es aproximadamente 0,4 x 0,6 mm para un dpi de 10'837. 201 es la estructura estampada de un reloj, 202 la del otro.

Figura 21: imagen de dos partes traseras diferentes de relojes de pulsera que están cepilladas.

El campo de visión es aproximadamente 0,4 x 0,6 mm para un dpi de 10'837. 211 es la estructura cepillada de un reloj, 212 es la estructura cepillada del otro.

La imagen ha sido procesada para mejorar el contraste.

Figura 22: imagen de correlación cruzada de los relojes de pulsera cepillados.

El modelo es una imagen del mismo reloj que 211. 221 es la correlación cruzada de 211 con el modelo y 222 es la correlación cruzada de 212 con el modelo.

Figura 23: imagen de dos esferas recubiertas diferentes de relojes de pulsera. 231 es la microestructura de la esfera recubierta de un reloj y 232 del otro.

La imagen ha sido procesada para mejorar el contraste.

El campo de visión es aproximadamente 1x1 mm y el dpi es 10'837.

Figura 24: imagen de tres tapas diferentes. 241 y 242 vienen del mismo molde mientras que 243 viene de otro molde.

La imagen ha sido procesada para mejorar el contraste.

El campo de visión es aproximadamente 5 x 5 mm y el dpi es 2'400.

Figura 25: imágenes de tres etiquetas diferentes. 251 y 252 vienen de la misma impresora y la misma posición en la hoja offset. 253 viene de otra impresora.

Las imágenes han sido procesadas para mejorar el contraste.

El campo de visión es aproximadamente 2,5 x 2,5 mm y el dpi es 2'400.

Figura 26: imágenes de microestructuras uniformes y su transformada de Fourier. 261 es una imagen con microestructuras constantes. 262 es su transformada de Fourier.

El campo de visión es aproximadamente 2,5 x 2,5 mm y el dpi es 2'400.

Figura 27: diagrama que muestra la diferencia entre la imagen almacenada 271 y la imagen adquirida 272. 273 y 275 son un logo o una zona macroscópica en 271 y 272 respectivamente. 274 y 276 están la zona microscópica de interés en 271 y 272 respectivamente.

Figura 28: esquema que muestra los diferentes pasos para la detección de imagen. 281 es la localización y recuperación de la rotación, 282 es la operación de ocultación, 283 es la imagen previamente procesada y 284 es la coincidencia de imagen.

Figura 29: imágenes de microestructuras uniformes. 291 y 293 son imágenes sin aplanado. 292 y 294 son imágenes con aplanado.

Las correlaciones cruzadas de la cada imagen con el modelo (que coincide con la imagen 294) se muestran a la derecha.

Figura 30: diagrama que describe la estrategia de detección aumentando progresivamente los tamaños de correlación cruzada.

Figura 31: imágenes que describen la importancia de los elementos de relleno alarmante en el valor medio.

311 es el modelo, sin relleno. 312 es otra imagen coincidente con el modelo, sin relleno. 313 es un imagen de otro artículo, sin relleno. 314 es la correlación cruzada entre 311 y 312. 315 es la correlación cruzada entre 311 y 313. 316 es la imagen 311 con relleno. 317 es 312 con relleno.

La imagen 318 es la imagen 313 después de rellenarla. 319 es la correlación cruzada entre 316 y 317. 3110 es la correlación cruzada entre 316 y 318.

Figura 32: esquema que representa la transformada entre espacios. 321 es una rosca circular alrededor de un punto de interés. 322 es la rosca en el espacio transformado.

Descripción detallada de la invención

Imágenes de la microestructura

Dispositivo de adquisición de imagen

[0020] Una imagen de la superficie se adquiere mediante un dispositivo de formación de imágenes digitales, que puede ser un escáner digital, una cámara digital, un teléfono móvil con cámara fotográfica integrada (posiblemente utiliza una lente macroscópica especial), un microscopio, etc.

Tal dispositivo emite típicamente una matriz de valores que corresponde a un muestreo del componente de color a lo largo de una rejilla ortogonal constante.

La adquisición de imagen puede hacerse mediante reflexión o transparencia, dependiendo del producto (papel, caja de cartón, metal, recubrimiento o polímero, por ejemplo) y las propiedades particulares del material.

En caso de formación de imágenes por reflexión, se pueden representar diferentes tipos de imperfecciones dependiendo de la posición de la fuente de iluminación.

Además pueden usarse diferentes orientaciones de iluminación para aumentar el índice de detección (hallazgo con éxito de una correspondencia con una imagen registrada) y reducir las detecciones de falso positivo (producto mal identificando como falsificación con una imagen de la base de datos).

También se pueden usar longitudes de onda ligera diferentes para conseguir diferentes dibujos de la misma área (con la misma o diferente longitud de onda para la iluminación y formación de imágenes).

En particular los objetos pueden ser imágenes en diferentes espacios de color que son apropiados para subrayar la microestructura (RGB, HSV, Lab, etc).

Esta aplicación se enfoca específicamente al procesamiento de 1 color, pero todos procesos descritos también pueden ser aplicados imágenes de objetos adquiridas con diferentes componentes de color.

5 Más generalmente, las condiciones de formación de imágenes adicionales se pueden elegir para un producto representado si un riesgo de falso positivo/negativo se identifica en base a las imágenes registradas en la base de datos para los productos anteriores.

En la figura 7 se muestra un diagrama que ilustra este proceso.

10 De forma similar, también es posible conseguir sistemáticamente diferentes imágenes (u otros parámetros) para un área dada y eliminar, a posteriori, imágenes de la base de datos si éstas no son necesarias para evitar detecciones de falso positivo o falso negativo.

[0021] El dispositivo de adquisición debería ser elegido de manera que los detalles pertinentes puedan verse.

El diagrama para la adquisición por reflexión difusa con 2D CCD se puede ver en la figura 12.

15 El dispositivo de adquisición de imagen (121) puede ser cualquier cosa pero una cámara digital es una buena candidata.

El artículo a verificar (124) se mete en una caja de luz.

La caja de luz (123) se utiliza para difundir la luz (122).

Esto puede también ser modelado por un flash anular.

20 Esto puede revelar algunos detalles interesantes.

En la figura 14 se puede ver el diagrama para la adquisición por reflexión difusa con 1 D CCD.

El dispositivo de adquisición puede ser cualquier cosa pero un escáner es un buen candidato.

El artículo a verificar (141) se pone en una hoja de vidrio (142).

25 Un movimiento de luz (143) y un movimiento de espejo (144) trabajan juntos para reflejar la luz en un espejo fijo (145), que refleja esta en un 1 D CCD.

Esto revela otros detalles interesantes.

En la figura 13 se puede ver el diagrama para la adquisición por reflexión especular.

El dispositivo de adquisición (131) puede ser cualquier cosa pero un microscopio (óptico o electrónico) es un buen candidato.

30 Otra posibilidad consiste en la modificación de un escáner digital, mediante el movimiento del CCD o con la parte de iluminación.

La luz (132) proviene de una dirección conocida y es reflejada (133) por el artículo a verificar (134) en otra dirección que se puede computar con la Ley de Descartes.

La Ley de Descartes asegura que el ángulo de incidencia es el mismo que el ángulo reflejado.

35 Esto puede revelar detalles diferentes que la luz difusa.

En las figuras 15 y 17, los detalles de una esfera recubierta de dos relojes de pulsera diferentes se muestran con luz axial especular a alrededor de 10'000 dpi.

En las figuras 16 y 18, los detalles de los mismas relojes de pulsera se muestran con luz difusa 1D CCD (escáner) a 4'800 dpi.

40 Se puede ver en estas figuras que en el primer reloj es mejor usar luz difusa ya que hay más detalles en la figura 16 que en la figura 15.

Al contrario, para el segundo reloj es mejor para usar luz especular ya que hay más detalles en la figura 17 que en la figura 18.

45 [0022] Finalmente, debe mencionarse que dispositivo de adquisición puede ser capaz a producir las imágenes necesarias para la sincronización del movimiento de rotación/traslación, además de las imágenes usadas para la huella digital.

Como se muestra más tarde en la aplicación, las sincronizaciones de rotación/traslación son típicamente realizadas usando imágenes del objeto que incluyen puntos de características específicas.

50 Tales puntos de características se pueden adquirir con dispositivos de formación de imágenes con grandes campos de visión o usando fases multieje motorizadas que permiten conducir la muestra a ubicaciones precisas.

Requisitos de resolución

55 [0023] Básicamente es posible usar cualquier estructura suficientemente aleatoria para identificar únicamente un producto.

En particular es posible usar la microestructura de un diseño gráfico (en particular el código de barras, texto, logo, diseños artísticos, líneas, etc) impreso en un producto como una estructura de identificación aleatoria (el uso de código de barras también ha sido descrito para la detección de falsificaciones en US6869015, usando de un sistema basado en partículas mezcladas con el código de barras) o para usar la microestructura del material subyacente.

60 No obstante, la resolución del dispositivo de formación de imágenes debería adaptarse a las características de la microestructura.

[0024] Un ejemplo de tal microestructura se da en la figura 2.

65 Muestra la microestructura típica (la palabra "imperfección" es también usada con un significado equivalente en este documento) de papel regular como se ha visto con una resolución equivalente de aproximadamente 11,000 dpi, que

corresponde a una resolución de unos micrómetros.

En la práctica, se considera que para papel estándar y cajas de cartón, las estructuras aleatorias tienen un tamaño que raramente es mayor de unos milímetros (no obstante, algún material especial puede tener estructuras aleatorias mucho mayores o tamaños de estructura altamente anisotrópicos).

5 Típicamente, el tamaño de estructura considerado será de menos de 1 mm o incluso menor de 100 μm . Los dispositivos de formación de imágenes estándar enumerados anteriormente pueden alcanzar tal nivel de detalles.

Por ejemplo un escáner con 1200 dpi puede teóricamente resolver estructuras de 21 μm .

10 Otro tipo de materiales, como polímero, metal, recubrimiento o vidrio por ejemplo, pueden mostrar diferentes tipos de microestructuras que requieren una resolución más baja (y por lo tanto un mayor campo de visión para tener la misma cantidad de información en la imagen) o una resolución más alta.

En la figura 3, la microestructura de una parte metálica se muestra a 4'800 dpi.

El tamaño de los elementos de microestructura es de aproximadamente 47 μm .

15 El campo de visión es de aproximadamente 10mm x 10mm.

En la figura 4, la microestructura de una pieza de polímero se muestra a 2'400 dpi.

El tamaño de los valores predeterminados es de aproximadamente 349 μm y el campo de visión es de 50mm x 50mm.

En la figura 5, la microestructura de una etiqueta impresa en offset se muestra a 2'400 dpi.

20 El tamaño de los valores predeterminados es de aproximadamente 42 μm y el campo de visión es de 2,5mm x 2,5mm.

En la figura 6 la parte recubierta de una esfera se muestra a 10'837 dpi.

El tamaño de los detalles es de aproximadamente 58 μm y el campo de visión es de 1,2mm x 1,2mm.

Para todos estos materiales, los detalles se extienden uniformemente a través de la imagen.

25 Gracias a algunos pasos de tratamiento de imagen que son descritos con más detalle en las siguientes secciones, es posible obtener una variación constante de las microestructuras dentro de una imagen.

Además se ha informado de que estas microestructuras se extendieron aleatoriamente en el artículo.

Esto asegura la aleatoriedad de artículo a artículo.

30 [0025] En términos generales, parece que una resolución de 2400 dpi o más alta es frecuentemente requerida para caracterizar una huella digital única.

No obstante, algunos materiales muestran huellas digitales únicas con resoluciones significativamente inferiores, esto es particularmente común para texturas que han sido diseñadas, ex profeso, con un modelo con ruido y variable.

En el caso de una huella digital microscópica, una resolución inferior puede ser suficiente.

35 Finalmente, huellas digitales macroscópicas se pueden realizar con resolución de 300 dpi o menor.

La figura 19 es el esquema que representa el diferente dpi necesario para cada nivel de la huella digital.

Las diferentes tecnologías se representan en el eje vertical (191) y los distintos dpi se representan en el eje horizontal (192).

Siempre hay zonas grises y zonas blancas en cada tecnología.

40 La zona blanca representa la mejor zona dpi para la tecnología mientras que la zona gris muestra hasta dónde puede extenderse.

La huella digital única (195) no tiene límite superior como el dpi para identificar un artículo, únicamente depende del tamaño de sus microestructuras.

45 La huella digital única también puede extenderse en algunos casos en el área de resoluciones inferiores (como el cuero, por ejemplo, y más generalmente cualquier material natural).

La huella digital microscópica (194) y la huella digital macroscópica (193) son básicamente dos veces la misma tecnología.

La única diferencia es que, en la huella digital microscópica, están las microestructuras mientras que en la huella digital macroscópica hay macroestructuras.

50 Un límite superior es por lo tanto necesario porque define el límite entre microscópico y único y entre macroscópico y microscópico.

Por las mismas cuestiones también se requiere un límite bajo.

Microestructura en papel impreso

55 [0026] Un tipo particular de aleatoriedad se puede observar en los contornos de una forma impresa o dentro de un área de tinta o en ubicaciones donde se aplican diferentes colores.

Por ejemplo, la figura 8 muestra los contornos del texto impreso en la tecnología de rotograbado y cómo varían entre dos impresiones sucesivas.

60 En este caso, estos contornos tienen algunas características que son comunes entre dos contornos (como 81 y 83 por ejemplo) pero también características que son diferentes (como 82 y 84).

Las características comunes (es decir, la microhuella digital) típicamente tienen tamaños que se extienden en un área mayor que las características diferentes (es decir, la huella digital única).

Esto significa que en particular el contorno coincidente se puede realizar utilizando altas frecuencias de la señal.

65 Las grandes características similares provienen de la ubicación de células en el cilindro y la variación entre dos copias viene de la textura del papel y cómo la tinta se deposita en la superficie.

[0027] Más generalmente, la aleatoriedad de la impresión depende de los diferentes parámetros, incluyendo la ubicación de las células grabadas en el cilindro, la viscosidad de la tinta, la velocidad de impresión y la microestructura del cartón, el relleno de tinta de las células cilíndricas, etc., por un lado, y la absorción de tinta en el papel por otro lado.

5 Todos estos parámetros tienen una influencia en la aleatorización de los contornos de forma o área de tinta. Es esta aleatoriedad que puede utilizarse para identificar productos individuales pero también lotes de producción, cilindros individuales usados para la producción o trabajos de impresión.

10 También es posible a deducir el envejecimiento del cilindro (y por lo tanto cuándo aproximadamente fue impreso un producto) a partir de las imágenes (por ejemplo, la cuchilla rascadora que empuja la tinta a un cilindro de rotograbado lleva progresivamente las células grabadas tras millones de rotaciones).

En particular, las características comunes de las 2 imágenes de la figura 8 provienen del hecho de que estas han sido impresas con el mismo cilindro; otro cilindro grabado con parámetros ligeramente diferentes proporcionaría contornos sustancialmente distintos.

Todas estas técnicas no se limitan a rotograbado y también se aplican en cualquier tecnología de impresión.

15 Otro ejemplo se muestra en la figura 9 con una área de tinta impresa con offset industrial (la imagen original era amarilla y fue procesada más tarde para mejorar el contraste).

La imagen es claramente no uniforme y diferirá siempre entre dos copias distintas.

20 Microestructura aleatoria de otros materiales

• Microestructura de grabado químico

[0028] Por ejemplo cuando un logo se graba en la parte trasera de un reloj, esto puede hacerse químicamente.

25 Así cada logo grabado es único como se puede ver en la figura 10. 101 es una parte de un logo químicamente grabado de una parte trasera de un reloj y 102 es la misma parte del mismo logo en otro reloj del mismo modelo.

Este es un ejemplo de huella digital única.

El grabado químico se hace normalmente en superficies metálicas pero también puede aplicarse en cualquier otro material.

30 • Microestructura de material estampado

[0029] La parte trasera del reloj puede también estamparse en vez de grabarse químicamente.

Para este tipo de material, el campo de visión del dispositivo de adquisición debería ser muy inferior en el caso precedente para el mismo dpi.

35 Si el campo de visión no es lo suficientemente pequeño, solo será posible distinguir el sello usado para estampar la superficie.

Pero se muestra en la figura 20 que con una proporción suficientemente grande entre el dpi y el campo de visión, es posible ver diferencias entre los dos artículos.

Aquí el campo de visión es aproximadamente 0,4 x 0,6 mm y el dpi es 10'837.

40 Así la proporción es aproximadamente 25'000.

Este es un ejemplo de huella digital única.

Nuevamente, el estampado se hace normalmente en material metálico pero esto puede también hacerse en cualquier otro material.

45 • Microestructura de material cepillado

[0030] Otro acabado de superficie estándar es el cepillado, típicamente en superficies metálicas (como en carcasas de reloj por ejemplo) pero el acabado cepillado también puede aplicarse para muchos otros materiales.

Otra vez la proporción entre el dpi y el campo de visión tiene que ser suficientemente alta para ver los detalles.

50 En la figura 21 es difícil de ver los detalles a simple vista debido a que el cepillado está muy presente.

Pero las microestructuras están ahí.

Se muestra en la figura 22 que la correlación cruzada no se daña por el cepillado.

El valor máximo se estira un poco pero como no hay valor máximo cuando se comparan dos artículos diferentes, esto es no un problema.

55 Este es un ejemplo de huella digital única.

El cepillado se hace frecuentemente en superficies metálicas pero se puede aplicar en cualquier otro material.

[0031] Más generalmente cualquier tratamiento de superficie o proceso mecanizado da como resultado imágenes con ruido o imágenes con entropía suficiente que se pueden utilizar como modelo para recuperación de imagen.

60 Este incluye en particular lijado de superficie, fresado, hilado, perforación, etc ...

• Microestructura de recubrimiento

[0032] Otro ejemplo de huella digital única es el caso de recubrimiento, como en las esferas de los relojes de pulsera.

65 La figura 23 muestra la diferencia de microestructuras de recubrimiento en alrededor de 10'000 dpi con un campo de

visión de 1 x1 mm.

El recubrimiento se puede aplicar en cualquier material.

• Microestructura de materiales moldeados

[0033] Si un material es moldeado (particularmente si se moldea con un molde lijado que crea una apariencia de "acabado lijado"), la microestructura de cada parte moldeada lucirá similar.

Así si el dpi es elegido cuidadosamente, todos los artículos que salgan de un mismo molde presentarán una superficie similar, mientras que las que salen de moldes diferentes serán completamente diferentes.

Esto se muestra en la figura 24. 241 y 242 salen del mismo molde y tienen las mismas microestructuras mientras que 243 proviene de otro molde y tiene otras microestructuras.

Las imágenes fueron tomadas a 2'400 dpi con un campo de visión de 5x5mm. Un ejemplo de esto es la cubierta de algunos contenedores.

Este es un ejemplo típico de huella digital microscópica.

• Microestructura de depósito de tinta en materiales no porosos

[0034] Si la tinta se deposita en un material no poroso, por ejemplo papel brillante, cada gota tiene su propia forma y ubicación.

Las etiquetas se toman como ejemplo.

Una etiqueta será igual que todas las otras etiquetas impresas con la misma impresora en la misma posición de la hoja de offset.

Al contrario, una etiqueta impresa por otra impresora o en otra posición de la hoja de offset será diferente.

Esto se muestra en la figura 25.

251 y 252 están impresas con la misma impresora y la misma posición en la hoja de offset. 253 está impresa con otra impresora.

Este es otra vez un ejemplo de huella digital microscópica.

[0035] En el extremo, esta tecnología se puede extender reduciendo el dpi para controlar si el diseño gráfico total de una caja coincide con el diseño original.

Este enfoque es por ejemplo aplicable a las medicinas falsas que se venden en el Internet.

Este es un ejemplo particular de huella digital macroscópica.

Registro de imagen

Estrategia general

[0036] Ante todo, un área específica tiene que ser definida; la misma área será usada para registros y comparaciones futuras.

La ubicación de este área es óptima cuando sus microestructuras son difundidas uniformemente la imagen.

Tal área se puede recuperar automáticamente.

De hecho, este área debería encajar con algunos requisitos matemáticos específicos que permiten maximizar el índice de detección y minimizan las detecciones falsas.

En particular, las imágenes con estadística de ruido uniforme han demostrado funcionar particularmente bien.

Muchos enfoques disponibles en la bibliografía permiten la medición de características de ruido y se pueden usar aquí.

Un ejemplo es analizar la transformada de Fourier de la imagen, por ejemplo se conoce el ruido blanco se conoce para obtener un espectro plano.

También es posible derivar la resolución óptima de dpi resolviendo analizando parte del espectro de Fourier que caracteriza una señal de ruido.

Esto se muestra en la figura 26. 262 es la transformada de Fourier uniforme de 261 que contiene microestructuras que difunden la imagen uniformemente.

Es posible coger una o dos imágenes a dos niveles diferentes de detalles para una fase de procesamiento previo.

Esto depende del tratamiento futuro y se puede determinar por el material, la forma y la aplicación.

Cuestión de almacenamiento

[0037] Una vez la microestructura ha sido digitalizada, la imagen correspondiente tiene que ser almacenada y constituirá el conjunto de registro (al que se accede típicamente a través de herramientas de base de datos).

El requisito básico es obtener una imagen de las microestructuras que contiene una cantidad suficiente de detalles para permitir una identificación única (sabiendo que la cantidad total de datos aumentarán con el tamaño de base de datos).

Esta cantidad de detalles es por supuesto directamente enlazada al tamaño de imagen y a los tamaños del elemento de microestructura.

Un límite teórico del tamaño de imagen mínimo para un tamaño de base de datos dado se puede contabilizar en el caso peculiar de una imagen en blanco y negro.

De hecho, para una imagen de 5x5 píxeles, el número de diferentes imágenes posibles serían 2^{25} ~33 millones. Esto significa que una estructura blanca y negra aleatoria ideal podría ser únicamente identificada en una base de datos de 33 millones imágenes de referencia.

En la práctica, se deben usar imágenes mucho mayores (sobre a un tamaño de 100 veces más en cada dimensión) y el tamaño de la base de datos puede ser un problema.

Varios esquemas de compresión con pérdidas se pueden utilizar para reducir el volumen de la base de datos de imagen.

De hecho, aunque tal compresión altera la imagen, los experimentos muestran que esta imagen coincidente se pueden realizar exitosamente incluso en proporciones de compresión alta (la compresión se puede realizar tanto sendas imágenes de referencia y evaluada o solo en la imagen de referencia).

Por ejemplo, muchos experimentos han mostrado que se pueden aplicar proporciones de compresión de 50 a 100 utilizando por ejemplo un esquema de compresión basado en DCT (Transformada de Coseno Discreta o Discrete Cosine Transform).

Por lo tanto, una imagen de escala de grises de 100 x 100 píxeles, que representa 10 kilobytes, se puede comprimir hasta 0,1 kilobyte.

Para almacenar escaneos de 10 millones de artículos, la capacidad de un disco duro de 1 gigabyte es por lo tanto suficiente (de forma similar las imágenes de 1000 x 1000 píxeles requerirán 100 gigabyte de espacio, que es realmente razonable).

El uso de compresión de ondulada también puede ser útil, ya que beneficiaría a la tarea de recuperación de imagen.

De hecho la recuperación de imagen se puede realizar de forma jerárquica en el aumento de frecuencias de onduladas de las imágenes (lo que permite acelerar el proceso de recuperación, por ejemplo).

Otras Informaciones también se pueden almacenar en lugar de o como complemento de las imágenes escaneadas.

Por ejemplo, las características invariantes (momentos de imagen por ejemplo, propiedades estadísticas, etc), parámetros relacionados con contornos, características mínimas o cualquier otra información es capaz de acelerar el proceso de recuperación o aumentar la fiabilidad de la coincidencia.

Ubicación de la imagen

[0038] Debe observarse que en caso de protección de marca, puede ser particularmente interesante aprovechar la microestructura de áreas cercanas al logo (o cualquier medio de identificación de marca).

De hecho, importadores paralelos frecuentemente tratan para destruir la información de trazabilidad (como códigos UV o matriz de datos).

Normalmente consiguen esto arañando la superficie o pintando sobre el código.

Sorprendentemente, hacer esto normalmente no es ilegal.

No obstante, alterar el logo es ilegal. (Además este altera claramente el producto mercantilmente).

Por lo tanto, usar la microestructura del logo o el medio subyacente puede ayudar para proteger de alteraciones piratas.

Finalmente, el logo es una simple característica identificable, que lo hace conveniente para la inspección (en caso de que el proceso de inspección requiera explícitamente imágenes un área dada de un artículo).

Esta idea no está limitada al logo y también se aplica en cualquier marca registrada, diseño protegido por derechos de autor o, más generalmente, para cualquier diseño protegido por la ley, impreso en paquetes o documentos.

Detección de imagen

Estrategia general

[0039] La estrategia general se representa en el esquema de la figura 28.

Cuando se toma la imagen, su posición y rotación con respecto a la imagen original no se conocen.

Las nuevas coordenadas x' e y' se deben deducir del vector de traslación, el ángulo de rotación y las antiguas coordenadas x e y .

Esto se ilustra en la figura 27.

La rotación se puede recuperar con una transformada de Fourier.

La ubicación se puede recuperar con una proyección 1D, por ejemplo.

Luego, la ocultación (282) tiene que ser contabilizada, dependiendo del tamaño del campo de visión y el tamaño de las microestructuras.

Después de que todas las operaciones de preprocesamiento (283), como el aplanado, pueden ser contabilizadas.

Finalmente, se realiza la imagen coincidente (284).

Después la coincidencia de imagen, se habilita una métrica para decidir que una o más imágenes del conjunto de registro corresponden en realidad a un nivel determinado.

En última instancia, el número de imágenes de este conjunto coincidente debería ser 1 (cardinalmente igual a lo que no coincide).

Dependiendo de la solicitud, esta imagen identificará un objeto único (y cualquier información colateral útil, típicamente usando un acceso a la base de datos) o conjunto de objetos con características comunes.

Por ejemplo, en el caso de microaplicaciones de huella digital, tal característica común puede ser un identificador de molde.

Otro ejemplo, para aplicaciones de macrohuella digital, puede ser un embalaje impreso genuino.

Compensación de rotación

[0040] El ángulo de rotación puede ser descubierto si la imagen incluye alguna información visual anisotrópica que es idéntica para todos los artículos.

5 Por ejemplo, si hay una línea a través de la imagen, será posible usar esta información para hallar exactamente el ángulo de rotación.

Por supuesto esta línea será un inconveniente para la correlación cruzada.

Por esta razón es posible coger imágenes diferentes del artículo para verificar incluso en resoluciones diferentes.

Cada imagen puede después ser asignada a una operación específica.

10 El dominio de transformada puede utilizarse para ayudar en la extracción y caracterización de información anisotrópica.

Por ejemplo, puede utilizarse la transformada de Hough o la transformada de Fourier.

En el caso de la transformada de Fourier, la anisotropía espacial de la imagen resultará en una línea en el módulo de la transformada de Fourier de esta imagen.

15 Esto se muestra en la figura 11.

111 muestra la transformada de Fourier y 112 muestra el ángulo, que es una suma radial del valor de la transformada de Fourier relacionada con cada ángulo.

Una solución para el hallazgo de la dirección anisotrópica principal es contabilizar la siguiente ecuación:

$$20 \quad p(\theta) = \int_0^R I(r, \theta) \cdot dr$$

donde $I(r, \theta)$ es el valor del módulo de la transformada de Fourier en las coordenadas polares r y θ , $I()$ el módulo de la transformada de Fourier, y $p()$ es el valor de los módulos acumulados para un ángulo dado (112).

25 [0041] Este ángulo es en realidad determinado con una exactitud de 180° debido a propiedades de la transformada de Fourier.

Además, la anisotropía espacial de la imagen puede contener diferentes direcciones principales (por ejemplo un cuadrado contiene dos direcciones principales que son perpendiculares) que produce ángulos candidatos diferentes.

El ángulo recto se puede determinar probando cada uno de los ángulos posibles.

30 Cuando la anisotropía espacial contiene solo una dirección principal, esta dirección es perpendicular al ángulo situado por la suma sobre los ejes.

Por esta razón, en la figura 11, la suma está hecha sobre un angular "a" en 111 y el resultado se visualiza para un angular "a+90".

Un procedimiento de prueba consiste en la correlación cruzada con una imagen de referencia.

35 [0042] Debe observarse que la imagen usada para la detección de rotación (y la imagen de referencia correspondiente) puede tomarse a una resolución (dpi) y a una ubicación que es diferente de la imagen usada para caracterizar la microestructura de una superficie.

Finalmente el valor del ángulo puede determinarse de un modo más preciso por un procedimiento de prueba-error alrededor del ángulo previamente descubierto.

40 Por ejemplo, es posible iterar entre -1 a 1 grados mediante pasos de 0,1 grados, computando la SNR para cada ángulo, y manteniendo el ángulo que resulta en la mejor SNR.

45 [0043] Una vez se conoce el ángulo de rotación, es fácil para recuperar la ubicación del patrón específico para una correlación cruzada.

De hecho, podría ser posible almacenar en la base de datos las coordenadas y el tamaño del modelo con respecto a un ángulo determinado.

En la figura 27, x e y se almacenan en la base de datos.

X' e y' se pueden recuperar fácilmente una vez se conocen el desplazamiento y la rotación.

50 [0044] También es posible a adoptar una estrategia totalmente diferente que evita computar el ángulo de rotación: la idea básica consiste en tomar una forma circular alrededor de un punto de interés y enderezarlo a una forma rectangular.

La figura 32 describe este proceso. 321 es la rosca circular alrededor de un punto de interés que tiene que ser cortada.

El corte es hecho en AB.

A es el origen y B es el extremo de la nueva imagen.

La forma circular es luego mapeada (o enderezada) a una forma rectangular (322) usando métodos de interpolación de imagen estándar.

60 Tal imagen se puede comparar (por ejemplo usando correlación cruzada) con una imagen modelo que ha sido generada usando el mismo proceso.

La ubicación de valor máximo de correlación cruzada variará con el ángulo de rotación, pero el valor SNR no se verá afectado.

Por lo tanto esta técnica habilita la detección de imágenes coincidentes sin necesidad de compensación previa en la

rotación.

Compensación de traslación

5 [0045] Un enfoque general para compensar el movimiento es usar imagen que incluir puntos de característica.
 En la práctica, uno de los enfoques es la adquisición de una imagen de baja resolución del objeto.
 La correlación cruzada de esta imagen con un modelo registrado (que será único para toda la base de datos) habilita
 el encontrar exactamente la posición X/Y de la fotografía y por lo tanto determinar la ubicación de la región de
 interés que debería ser adquirida a resolución más alta.

10 Preprocesamiento [CDV1]

[0046] La correlación cruzada normalmente se computa en imágenes aplanadas.
 Una forma de aplanado es hacer una operación matemática que consiste en tomar la diferencia entre una imagen y
 15 su versión de baja frecuencia.
 El objetivo de esta operación es eliminar variaciones de color macroscópico a través de la imagen y que son no
 significativas, como variaciones de iluminación por ejemplo.
 En particular habilita el ajuste de todos los bordes de la imagen al mismo valor, lo que evita efectos borde durante
 una correlación cruzada basada en la Transformada de Fourier (la correlación basada en FFT implícitamente tilear la
 20 imagen, creando artificialmente tiles si la imagen no es uniforme).
 En la figura 29 se muestra el efecto de aplanado. 291 y 293 son imágenes que no han sido aplanadas. 292 y 294
 son las mismas imágenes después del aplanado.
 En este ejemplo, las correlaciones cruzadas se computan con una imagen modelo que debería coincidir con la
 imagen 293 pero que no debería coincidir con la imagen 291.
 25 Las correlaciones cruzadas para cada imagen se muestran en el lado derecho.
 Se puede observar que la imagen de correlación cruzada 295 y 296 no tiene ningún valor máximo de correlación, lo
 que es normal.
 La imagen 297 no muestra un valor máximo de correlación cruzada claro, aunque la imagen debería normalmente
 corresponder con el modelo.
 30 La correlación cruzada de la imagen aplanada 298 muestra un valor máximo de correlación cruzada claro.

[0047] Por regla general, cuando se usa un desenfoque gaussiano como estrategia de filtro de paso bajo para
 aplanar, el radio de desenfoque (en píxeles) tendrá típicamente un valor cercano al tamaño de las microestructuras
 medido en píxeles.

35 Ocultación

[0048] Si el campo de visión tiene un tamaño que implica que algunos detalles sin interés son visibles, deben ser
 ocultados.
 40 Una posibilidad de ocultado es poner todo el valor que no tiene que tomarse en cuenta en el valor medio de la
 imagen.

[0049] La importancia de los elementos que entorpecen la ocultación se muestra en la figura 31.
 Es mostrado que, sin ocultación, la correlación cruzada (314) de un modelo (311) y otra imagen del mismo artículo
 45 (312) no es mejor que la correlación cruzada (315) del modelo (311) con una imagen de otro artículo (313).
 Peor incluso, la correlación cruzada (315) del modelo (311) y la imagen del otro artículo (313) tiene un buen valor
 máximo debido a la correlación cruzada macroscópica.
 Este especie de discordancia es una detección de falso positivo que debe evitarse absolutamente.
 Se muestra que es posible prevenir tal discordancia rellenando el valor medio del elemento entorpecedor.
 50 Cuando el modelo relleno (316) realiza una correlación cruzada con otra imagen del mismo artículo relleno (317), el
 valor máximo de correlación cruzada (319) es visible.
 Cuando el modelo relleno (316) se realiza una correlación cruzada con una imagen de otro artículo (318), no hay
 más valor máximo (3110) de correlación cruzada.
 Este ejemplo ilustra cómo un enfoque de ocultación puede ayudar a evitar la detección de falso positivo y también
 55 mejorar el índice de detección.
 Tal ocultación se puede registrar en la base de datos.

Visión de conjunto de algoritmos coincidentes

60 [0050] El fin de la imagen coincidente es definir una métrica que habilita la decisión de si dos imágenes son
 similares.
 Una similitud perfecta se puede caracterizar por el hecho de que un error cuadrático medio nulo entre dos imágenes
 y una métrica coincidente típicamente converge a un valor conocido en este caso.
 La coincidencia de imagen se puede realizar por correlación cruzada o coincidencia en el dominio de transformada
 65 (espacios Hough o Fourier, por ejemplo) posiblemente mejora mediante las transformadas de logaritmo polar para
 ser invariable con escala o rotación.

También es posible usar espacialmente el dominio de transformada para mapear la imagen de manera que es más eficaz para fines de coincidencia.

Por ejemplo, es posible computar un perfil 1 D que corresponde con la suma de la intensidad de color a lo largo de cada línea y usar tal función 1D conjuntamente con algoritmos coincidentes de señal 1 D para una recuperación rápida (posiblemente refinado con un perfil vertical).

Otro dominio de transformada espacial fue mostrado en la sección precedente e ilustrado en la figura 32.

El enfoque llamado "minucias" también puede usarse en la huella digital coincidente.

Su principio es usar solo un número limitado de puntos de característica localizados en vez de usar la imagen entera.

[0051] En caso de que la microestructura de área impresa se use (como en la figura 8), también es posible usar técnicas coincidentes basadas en los contornos de la forma impresa.

Las técnicas de coincidencia de contorno del estado de la técnica pueden luego usarse en cuanto a ejemplos de descriptores de Fourier o correlación cruzada 1 D (siendo el contorno convertido a una señal 1 D).

También se pueden usar redes neuronales artificiales para ejecutar la imagen coincidente o la operación de coincidencia de contorno.

Más generalmente, se deja que la imagen se describa por un conjunto dado de parámetros.

Cualquier clasificador se pueden utilizar para encontrar la mejor correspondencia en una base de datos.

La elección de los mejores clasificadores dependerá de los requisitos computacionales, la estadística de imagen, etc.

[0052] Para ayudar a la operación de coincidencia de imagen, el conocimiento del diseño original también se puede usar.

Por ejemplo la figura 8 corresponde a una carta cuya orientación, escala y posición espacial en el artículo a verificar es conocida.

Por lo tanto un sistema de escaneo automático puede ser capaz de localizar esta carta con un escaneado de baja resolución, luego reescanear la letra a una resolución alta y finalmente compensar la rotación.

Coincidencia por correlación cruzada

[0053] La correlación cruzada es especialmente adecuada para imágenes coincidentes que contienen ruido.

De hecho, esto se puede usar básicamente en cualquier tipo de ruido uniforme sin sintonización especial o adaptaciones.

[0054] La ecuación usada para computar es:

$$\varphi_{x,y}(k,l) = \sum_{k'=-\infty}^{\infty} \sum_{l'=-\infty}^{\infty} x(k',l')y(k'+k,l'+l)$$

[0055] Debe observarse que existen diferentes variaciones de correlaciones cruzadas que también pueden realizarse eficazmente en caso de microestructura.

Este es por ejemplo el caso de la fase de correlación y correlación cruzada con estrategia de relleno especial.

De hecho, en la fórmula anterior los índices $k'+k$ o $l'+l$ pueden exceder el tamaño de imagen en caso finito y una estrategia tiene que ser seguida para definir qué valores deberían ser usados en tales casos.

Algunas de estas estrategias incluyen relleno de la imagen con valores variables simétricamente o antisimétricamente (izquierda/derecha y arriba/abajo) a través de sus bordes, o relleno con un valor fijo (el valor medio para ejemplo).

[0056] Una medida que representa la calidad de la coincidencia entre 2 imágenes se puede definir con:

$$\text{SNR} = 20 \cdot \log(\text{máximo}/\text{media})$$

[0057] Este valor caracteriza la relación señal/ruido (SNR) de la imagen de correlación cruzada y se mide en decibelios (dB).

Cuando diferentes correlaciones cruzadas son computadas (utilizando diferentes imágenes de la misma área o de distintas áreas), el SNR puede aumentar muy significativamente por la multiplicación de dos correlaciones cruzadas alineadas en uno de sus picos.

También es posible tener en cuenta el criterio morfológico, tales como operaciones de apertura y cierre en la imagen de correlación cruzada.

[0058] Nótese que la correlación cruzada es robusta contra algunas modificaciones del artículo.

En particular es robusta contra la adición de adhesivo o capa estática, adición de polvo, daño por arañado y todos los demás daños que remiten a mitad de la información.

También tiene que notarse que este método es robusto contra todos los cristales, incluyendo vidrio de reloj plano o convexo, con o sin recubrimiento antireflectante en este.

[0059] El tamaño en píxel de las imágenes que realizan correlaciones cruzadas al igual que sus dpi tiene que ser elegido dependiendo del tamaño y el número de las microestructuras.

5 [0060] Según la invención, para acelerar el proceso de detección, se hace uso de versiones de muestreo reducida de los modelos.

[0061] Por ejemplo si el tamaño de imagen es 1024x1024 y si hay 10'000'000 artículos en la base de datos, realizar todas las correlaciones laterales con todos los modelos pueden llevar una cantidad significativa de tiempo (sobre 1 hora en algunos casos).

10 Una estrategia de detección consiste en la realización de la detección en diferentes estadios.

Una primera fase se realiza con versiones de muestreo reducidas de la fotografía e imágenes modelo y luego en la siguiente fase se usan versiones mayores de fotografías y modelos.

15 Esto se ilustra con el diagrama de correlaciones cruzadas de la figura 30: las correlaciones cruzadas primero se computan con un primer conjunto de X_0 modelos que utilizan un tamaño de imagen de $2^n \times 2^n$ píxeles (el mismo método puede por supuesto usarse para imágenes no cuadradas o con potencia no integral de 2 tamaños de imagen).

Un número X_{12} de imágenes de correlación cruzada tienen un SNR sobre un umbral dado t_1 y son luego seleccionadas como candidatas para una segunda prueba con un tamaño de imagen mayor 2^{n+1} .

20 El mismo procedimiento continúa con un umbral t_2 y con tamaños de imagen aumentados y umbrales hasta que el tamaño de imagen original 2^{n+x} se alcance dando como resultado un candidato único $X_x = 1$ que corresponde a la fotografía.

Tal estrategia no está limitada al caso de correlación cruzada y puede potencialmente aplicarse con cualquier métrica coincidente.

25 [0062] Un ejemplo práctico se da para ilustrar este proceso.

En un experimento $n=3$ y $x=10$ fueron usados para correlaciones cruzadas de $X_0=10,000,000$ modelos con una imagen de prueba.

El siguiente número de candidatos fue luego obtenido: $X_{12}=112539$; $X_{22}=1234$, $X_{32}=2$, $X_{42}=1$, $X_{52}=1$.

REIVINDICACIONES

1. Método para identificar objetos únicamente utilizando una imagen óptica de la microestructura de su superficie que comprende una fase de ajuste de parámetro, una fase de adquisición y una fase de identificación, la fase de ajuste de parámetro que incluye las etapas de:
- definir para un conjunto dado de objetos, una resolución, un tipo de iluminación ligera no coherente y una ubicación, llamada área de interés, con una microestructura de identificación aleatoria, cuyo tamaño considerado de estructura está por debajo de 1mm.
- para cada objeto que se identificará más tarde, la fase de adquisición incluye las etapas de:
- adquisición digital de una imagen modelo bidimensional del objeto con una microestructura de identificación, dicha adquisición se basa en los ajustes de parámetro y se usa un muestreo en una rejilla ortogonal uniformemente distanciada de al menos un componente de color,
 - pretratamiento de la imagen para eliminar variaciones de color macroscópicas aplicando una función de aplanado en dicho modelo,
 - almacenamiento en una base de datos de referencia la imagen modelo preprocesada junto con al menos una versión modelo de muestreo reducida,
- para un objeto a identificar, la fase de identificación incluye las etapas de:
- adquisición digital de una imagen fotográfica bidimensional del objeto a identificar y según los parámetros como la imagen modelo,
 - pretratamiento de dicha imagen fotográfica aplicando una función de aplanado para eliminar variaciones de color macroscópicas,
 - generación al menos una versión de muestreo reducida de la imagen fotográfica aplanada con resoluciones según las resoluciones durante la fase de adquisición,
 - correlación cruzada de la versión 2D más reducida de la imagen fotográfica aplanada con la correspondiente versión modelo de muestreo reducida almacenada en la base de datos de referencia independientemente de la posición relativa en la traslación, y seleccionando un conjunto de modelos según el valor de la relación señal/ruido de la imagen de correlación cruzada,
 - para los modelos seleccionados, la correlación cruzada de la versión 2D de muestreo reducida del siguiente nivel de resolución de la imagen fotográfica aplanada con las versiones de muestreo reducidas de mismo nivel de resolución del modelo aplanado almacenado en la base de datos de referencia que han sido elegidas en la fase precedente independientemente de la posición relativa en la traslación, y seleccionando un conjunto de modelos según el valor de la relación señal/ruido de la imagen de correlación cruzada,
 - repetición de la fase precedente para todas resoluciones de muestreo reducidas disponibles
 - para los modelos seleccionados, realizar la correlación cruzada de la imagen fotográfica 2D aplanada con el modelo aplanado almacenado en la base de datos de referencia independientemente de la posición relativa en la traslación, y así identificar el objeto encontrando el mejor modelo de correspondencia cuyo valor señal/ruido de la imagen con correlación cruzada está sobre un umbral predefinido.
2. Método de la reivindicación 1, **caracterizado por el hecho de que** en la fase de rotación se aplica una compensación a la imagen fotográfica antes de computar la correlación cruzada.
3. Método de las reivindicaciones 1 a 2, **caracterizado por el hecho de que** la compensación de rotación se consigue adquiriendo otra imagen del objeto y aplicando una transformada de Fourier a dicha imagen para medir la información anisotrópica y usarla para computar el ángulo de compensación de rotación,
4. Método de las reivindicaciones 1 a 2, **caracterizado por el hecho de que** la fase de ajuste de parámetro y la fase de identificación son modificadas de la siguiente manera:
- la fase de ajuste de parámetro comprende un paso adicional que consiste en la definición para un conjunto dado de objetos de al menos una característica visual cuya distancia a la posición X/Y de la región de interés es conocida,
 - crear una imagen de ocultación para adquirir una imagen bidimensional de los puntos de característica,
- la fase de identificación comprende pasos preliminares de:
- adquisición digital de una imagen bidimensional de los puntos de característica del objeto,
 - correlación cruzada de la imagen adquirida con una imagen de ocultación para recuperar la ubicación de la región de interés donde se adquirirá la imagen fotográfica.
5. Método de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por el hecho de que** el modelo identificado puede servir para autenticar una pluralidad de objetos con la misma microestructura.
6. Método de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por el hecho de que** ningún modelo identificado permite detección de un objeto falsificado.
7. Método de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado por el hecho de que** las fases de ajuste de parámetro, adquisición e identificación se modifican como sigue para coincidir exitosamente con el modelo y las imágenes fotográficas tienen ángulos diferentes de rotación:
- la fase de ajuste de parámetro tiene un paso adicional de definición de la forma y ubicación de una rosca circular

dentro de la región de interés,

la fase de adquisición incluye las etapas de:

- extracción de la región de rosca circular a partir de la imagen adquirida,
- enderezamiento de la rosca a una forma rectangular para definir la imagen modelo,

5 la fase de identificación incluye las etapas de:

- extracción de la región de rosca circular a partir de la imagen adquirida,
- enderezamiento de la rosca a una forma rectangular para definir la imagen fotográfica.

10 8. Método de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, donde la fase de adquisición se realiza con un teléfono móvil con cámara fotográfica integrada.

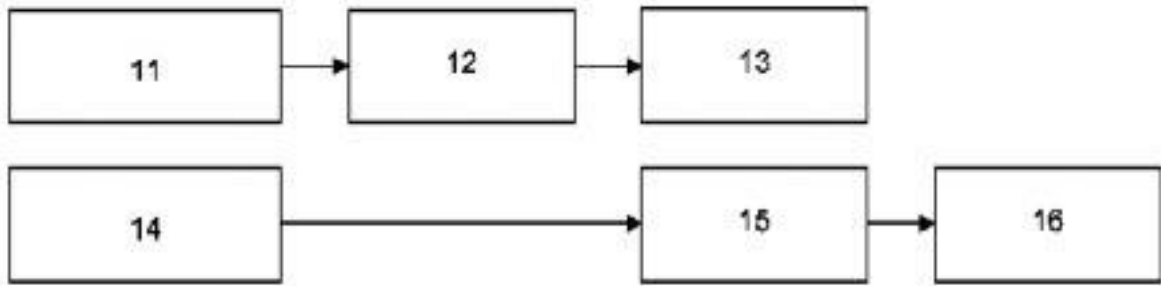


Figura 1

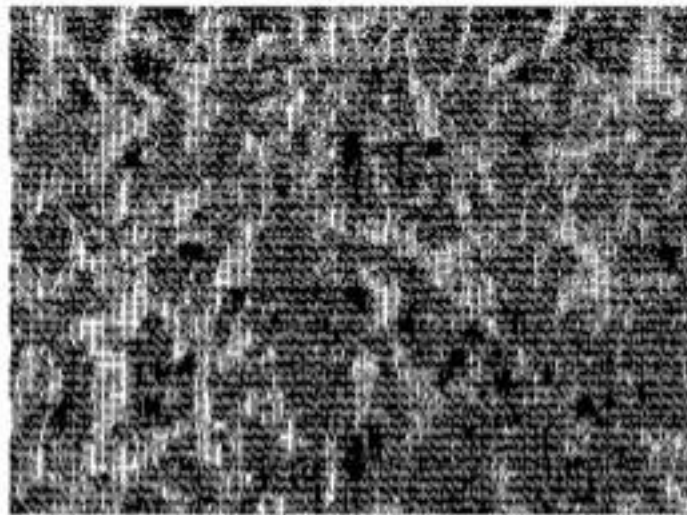


Figura 2

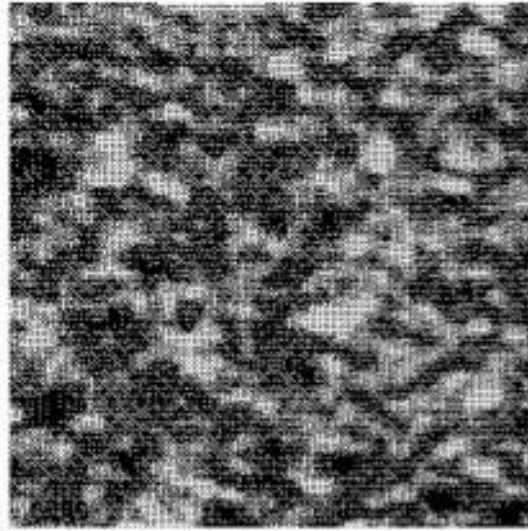


Figura 3

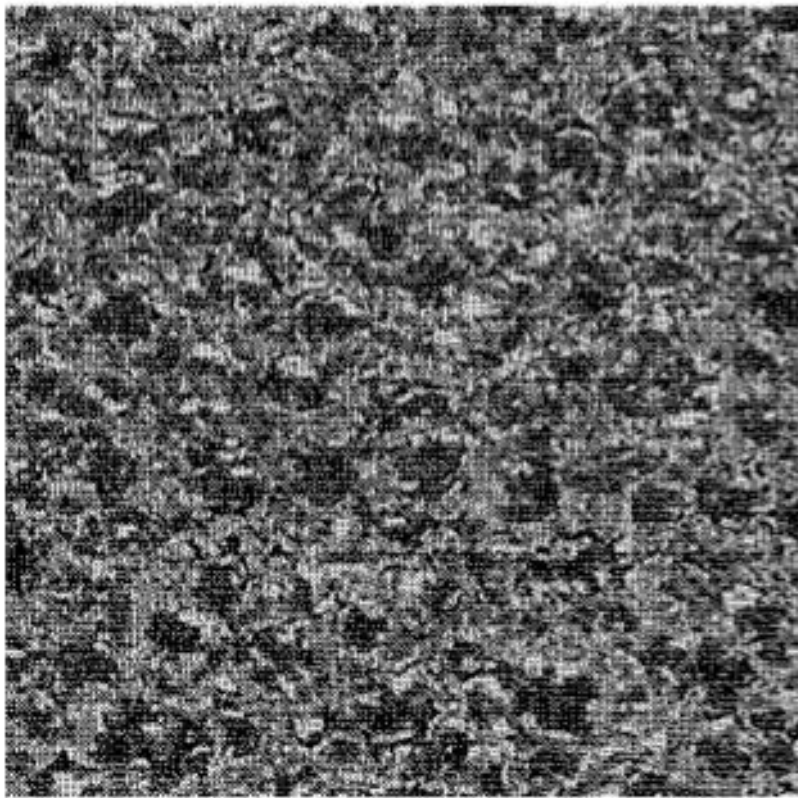


Figura 4

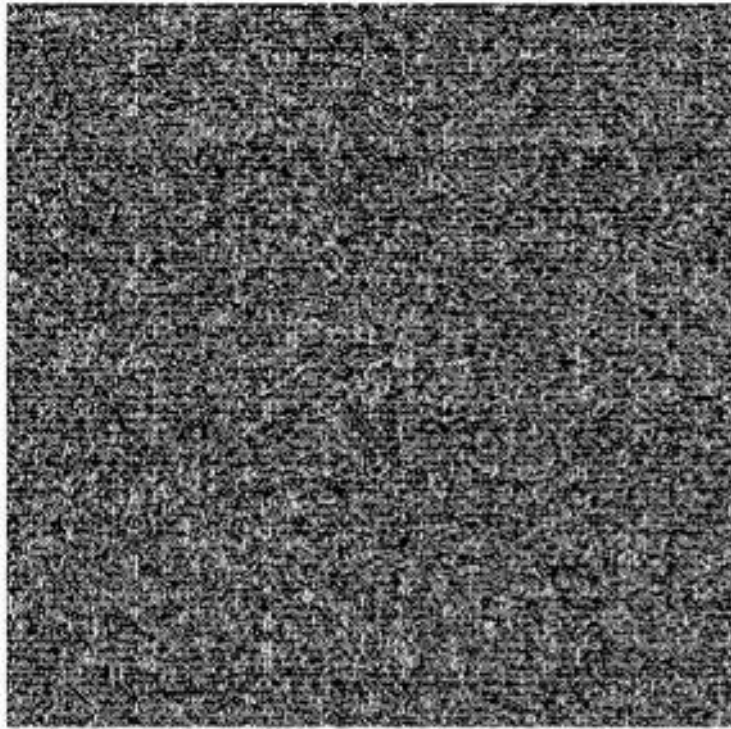


Figura 5

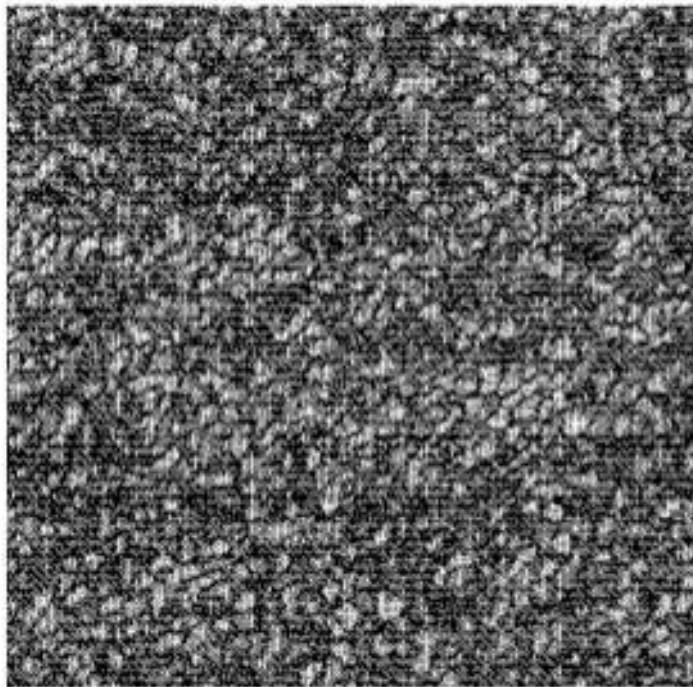


Figura 6



Figura 7

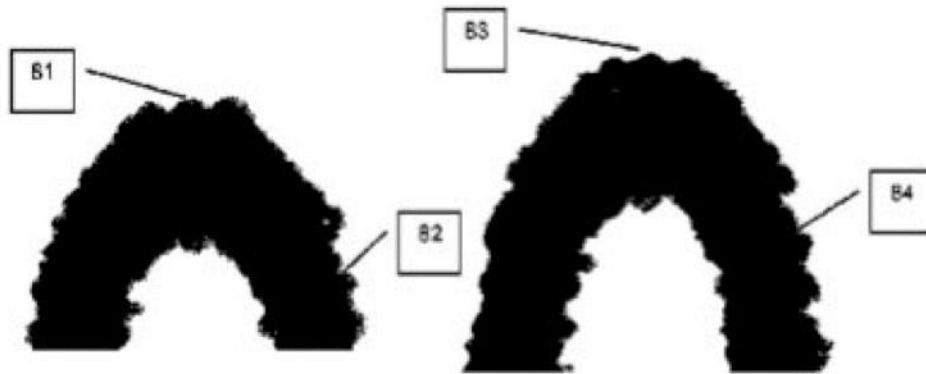


Figura 8



Figura 9

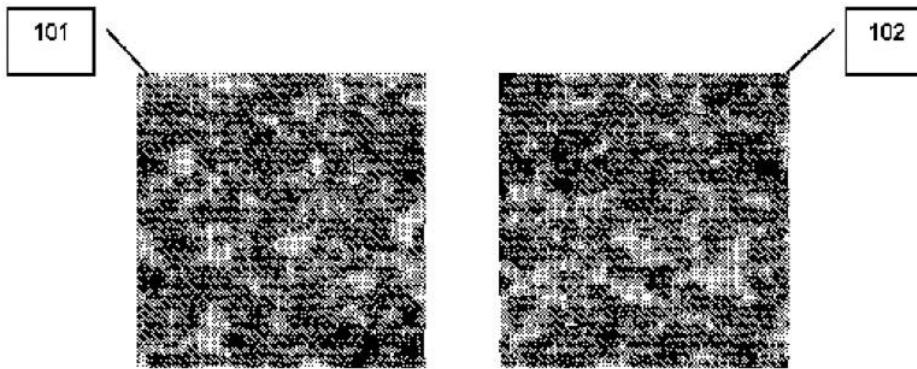


Figura 10

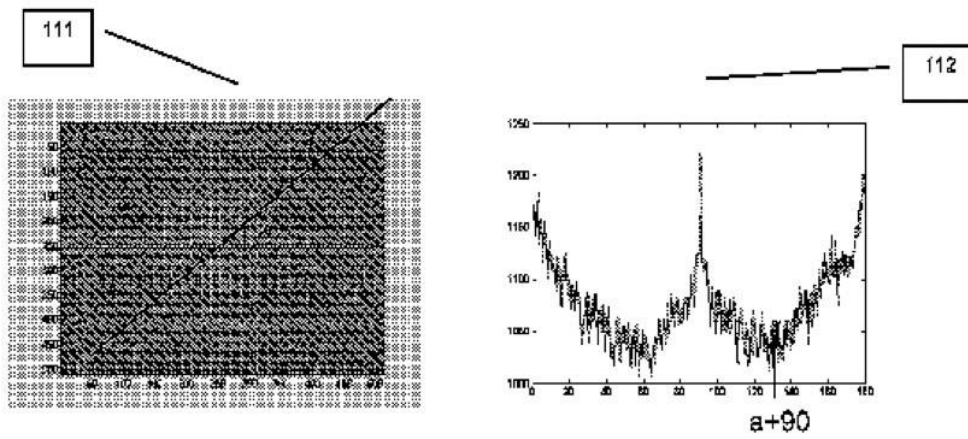


Figura 11

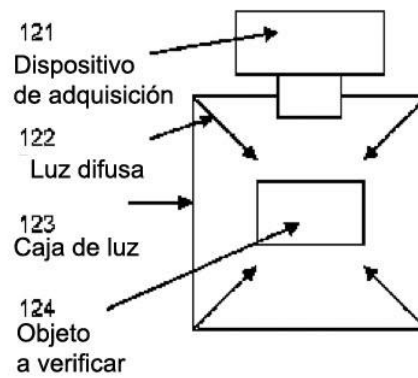


Figura 12

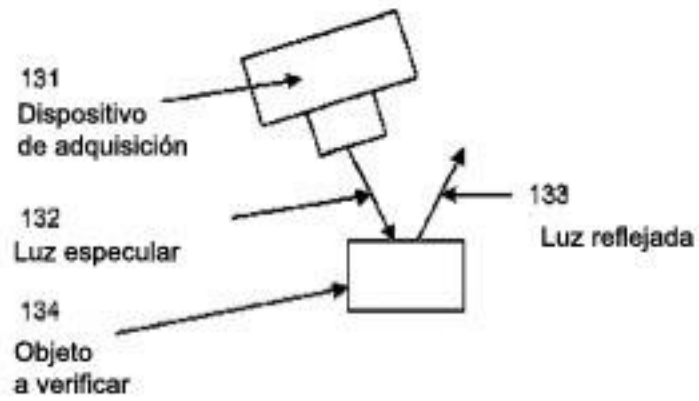


Figura 13

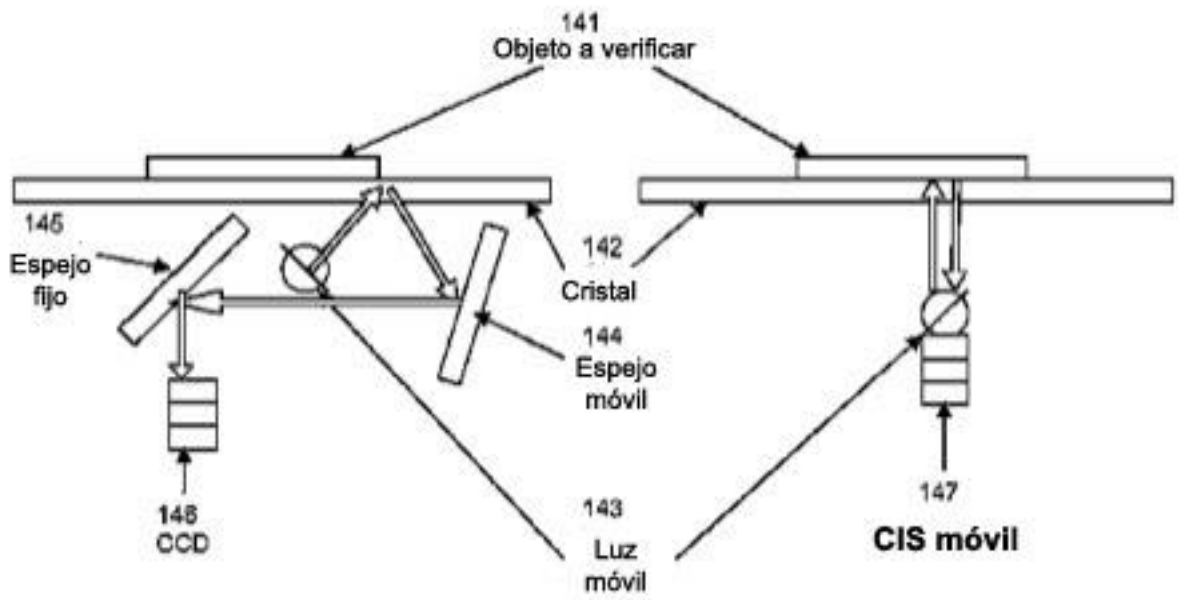


Figura 14



Figura 15

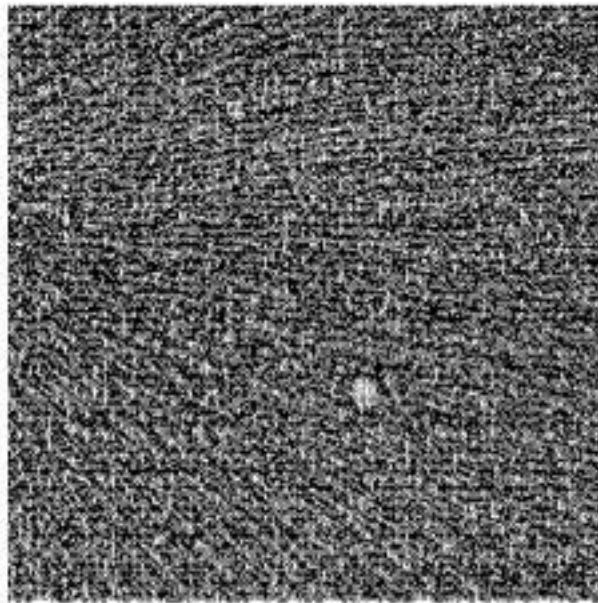


Figura 16

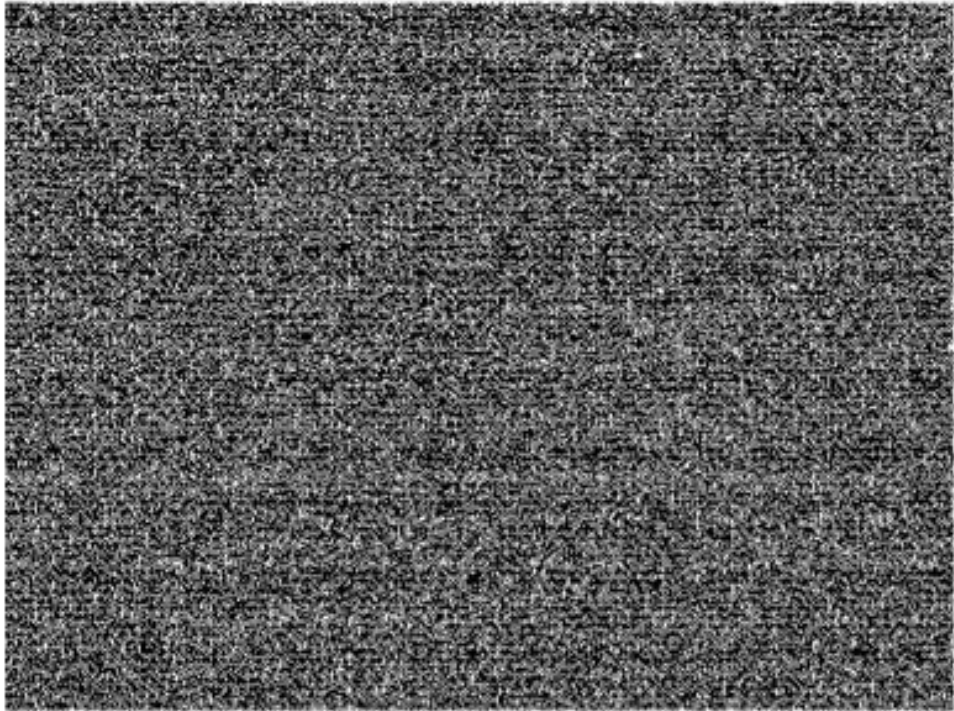


Figura 17

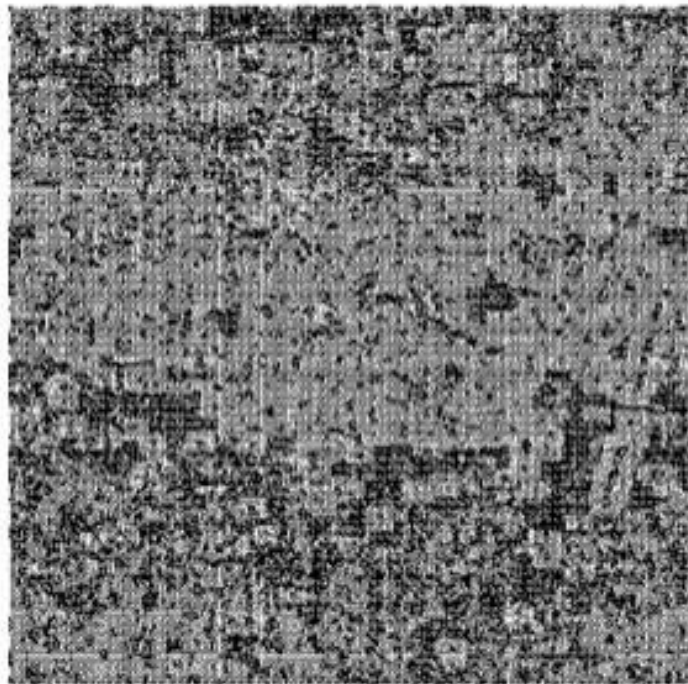


Figura 18

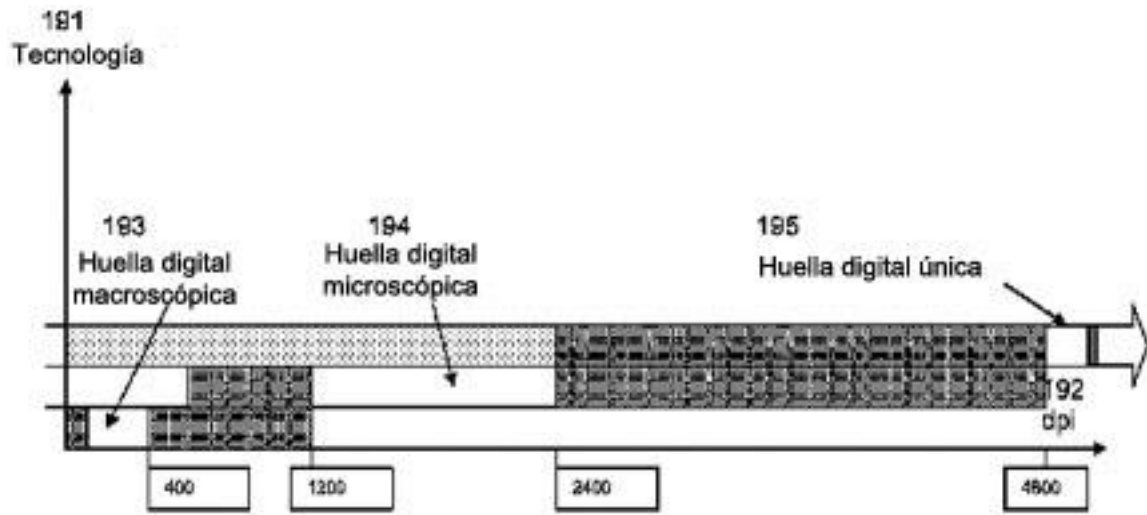


Figura 19

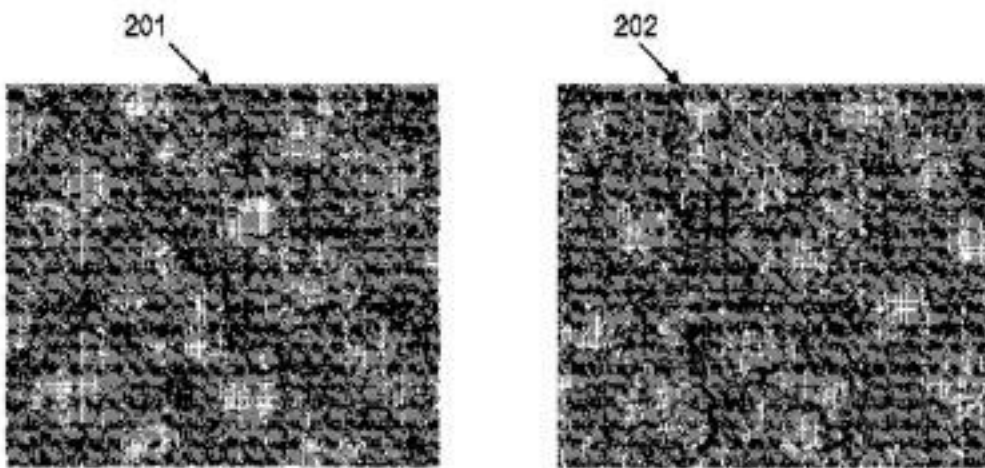


Figura 20

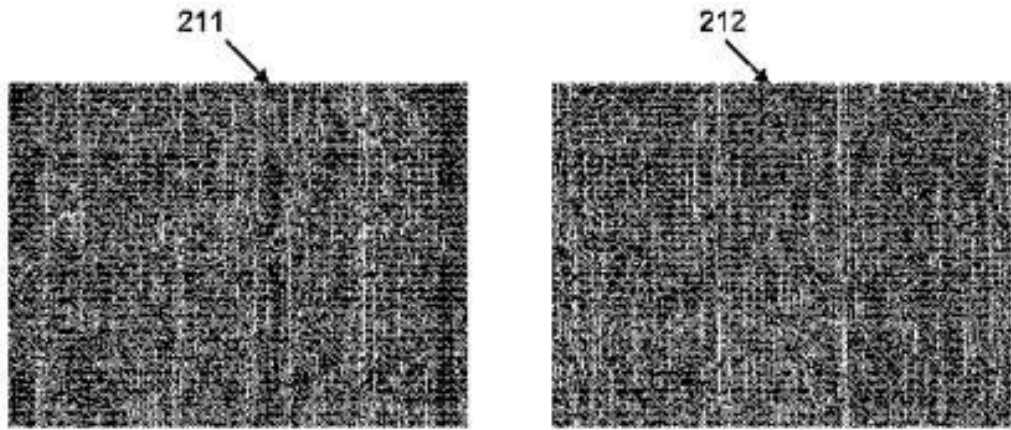


Figura 21

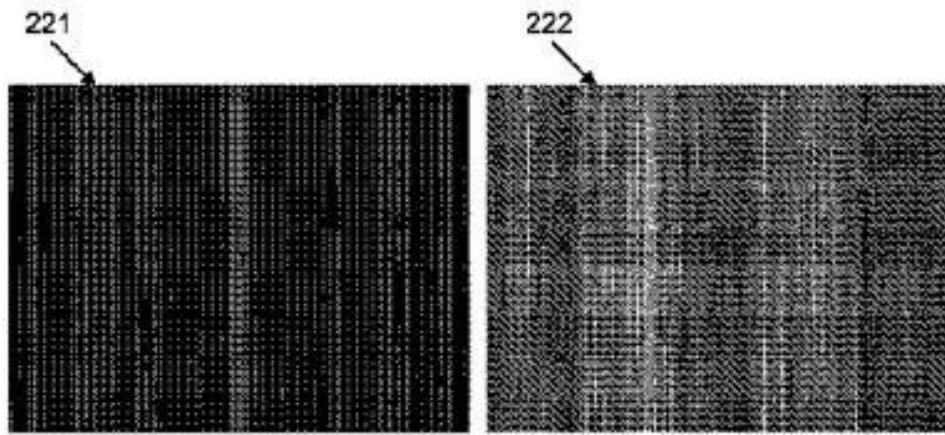


Figura 22

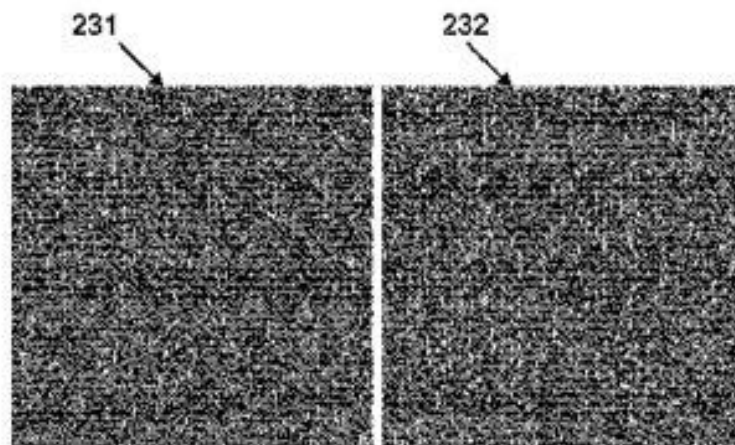


Figura 23

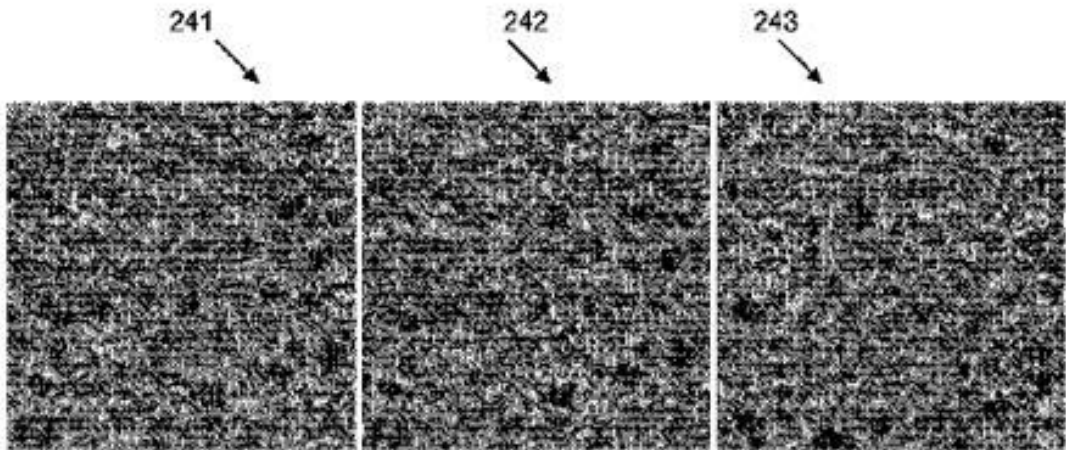


Figura 24

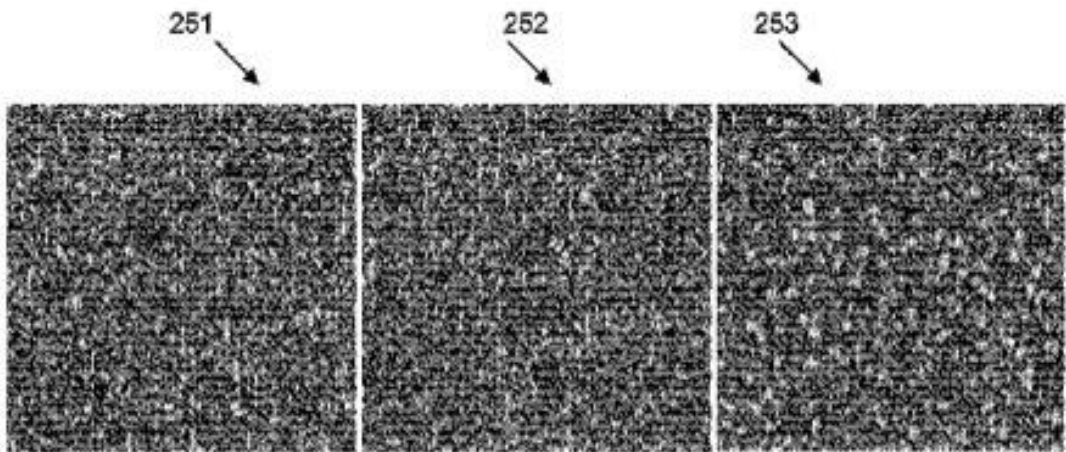


Figura 25

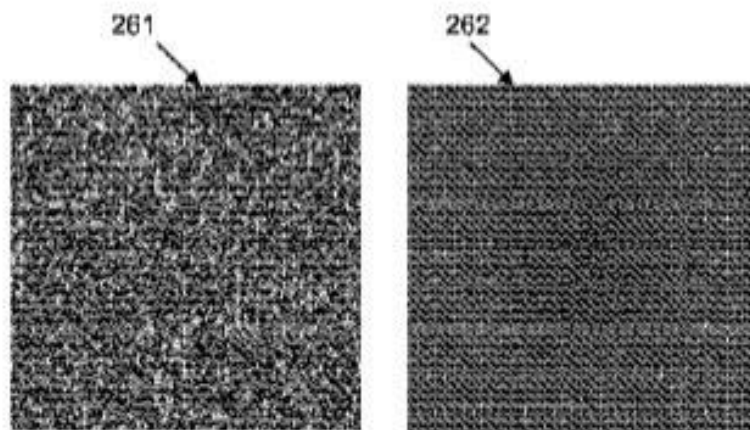


Figura 26

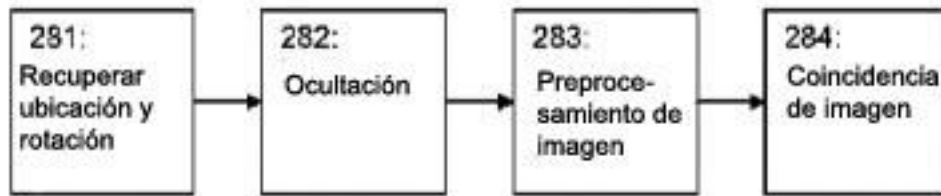
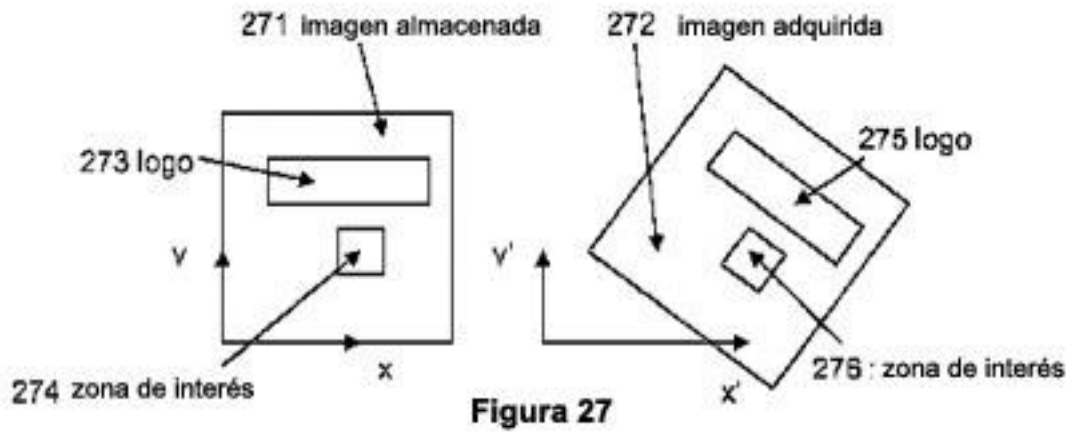


Figura 28

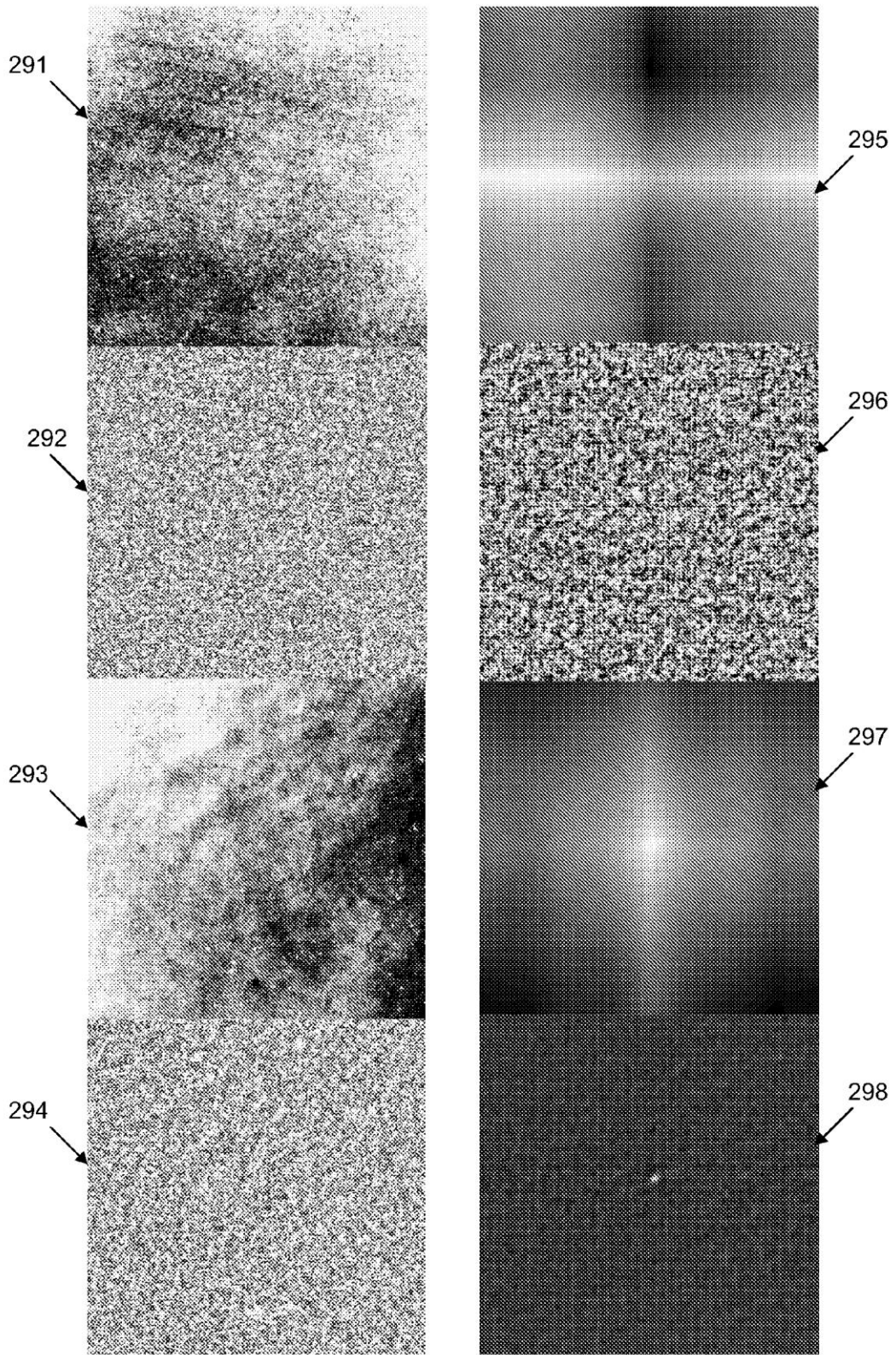


Figure 29

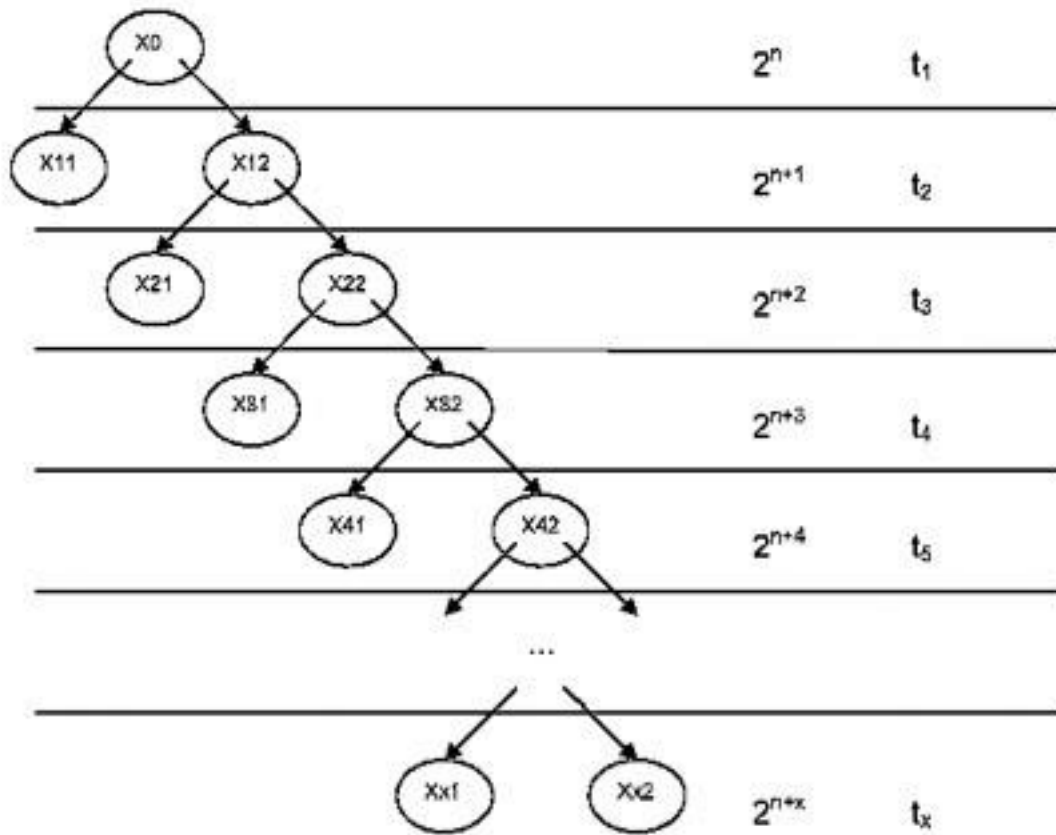


Figura 30

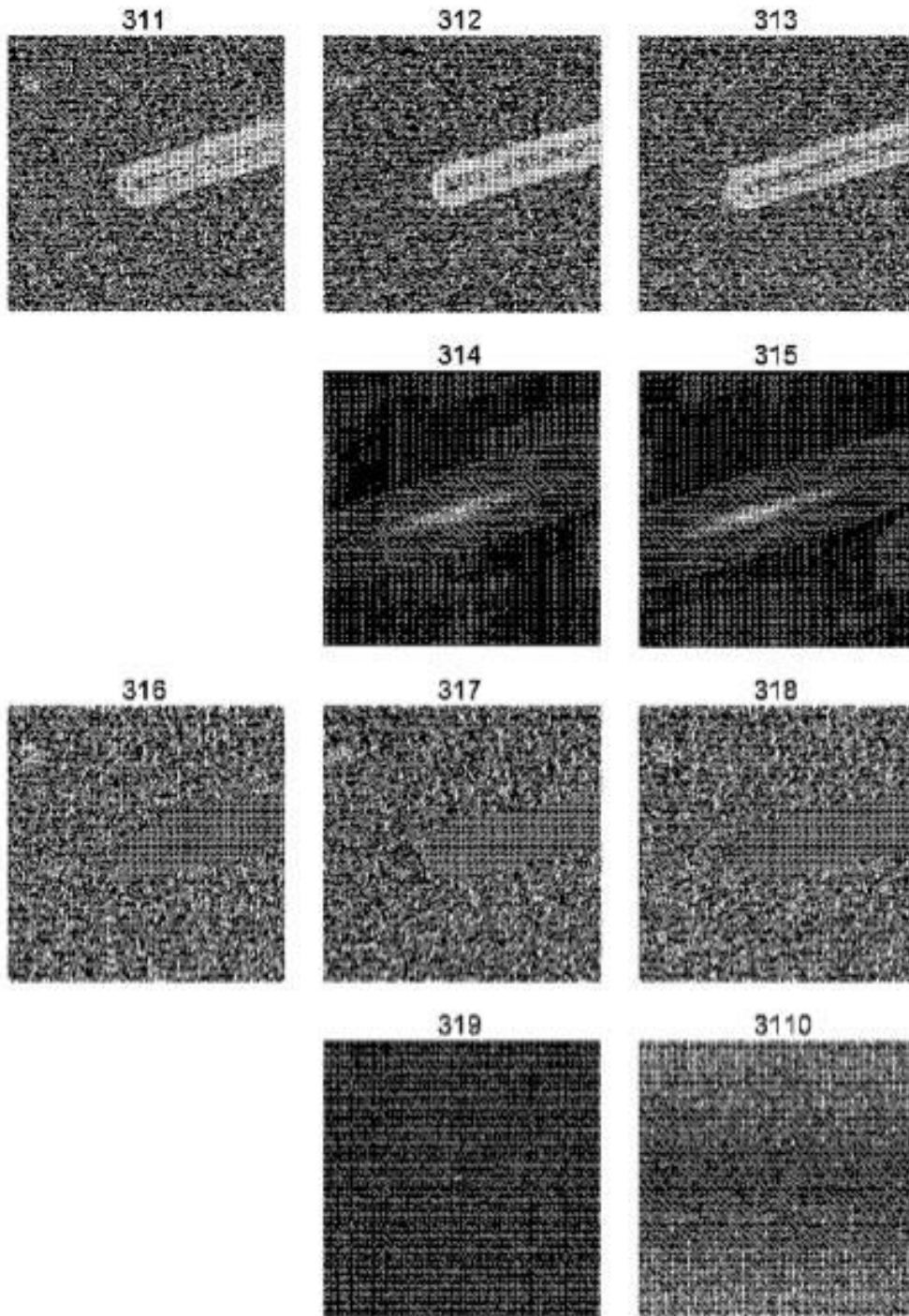


Figura 31

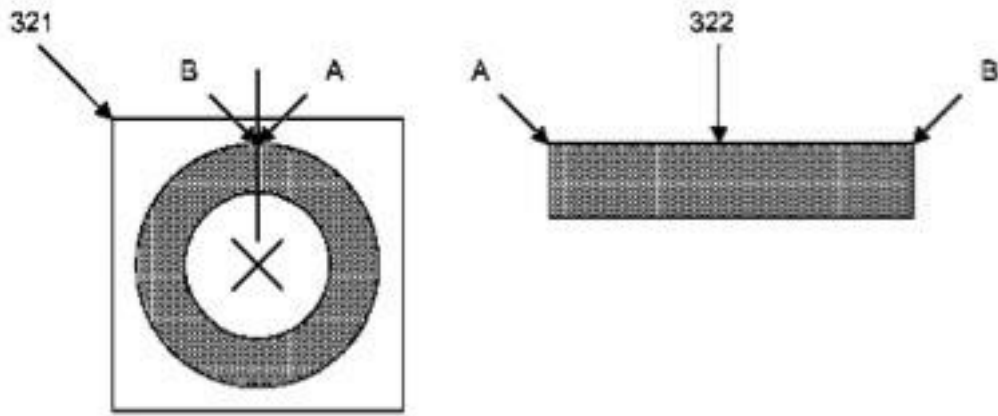


Figura 32