

MÉTODO PARA FABRICAR UN CÓDIGO DE BARRAS DE COLOR BIDIMENSIONAL Y DISPOSITIVO DE SEGURIDAD ASOCIADO

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere al campo de los códigos de barras bidimensionales, y más en particular a la fabricación de un código de barras de color bidimensional.

La invención se aplica de manera no exclusiva a dispositivos de seguridad tal como del tipo de documentos de identidad, tal como pasaportes, tarjetas de identidad, permisos de conducir, etc.

Antecedentes de la invención

10 De una manera conocida, la autenticación de un titular de documento de seguridad se puede llevar a cabo al comparar las características biométricas de referencia almacenadas en el documento de seguridad con las características biométricas candidatas del titular, obtenidas por medio de un sensor de datos biométricos.

Debido a su gran tamaño y problemas de seguridad, las características de referencia se
15 almacenan en una memoria de un chip electrónico del documento de seguridad.

Sin embargo, el uso de un chip electrónico en un documento de seguridad hace que la fabricación inicial del documento de seguridad y su reciclaje sean particularmente tediosos y costosos.

La invención tiene como objetivo superar este problema y, más en general, tiene como objetivo almacenar, de una manera segura y respetuosa con el entorno, una gran cantidad de datos, tal como
20 características biométricas, en un dispositivo de seguridad.

Breve descripción de la invención

La presente invención se refiere a un método para fabricar un código de barras de color bidimensional que comprende un arreglo de elementos estructurales básicos de color que codifican al menos un elemento de información,

25 el método de fabricación que comprende los siguientes pasos:

- determinar, por medios de procesamiento de datos, un conjunto de elementos estructurales básicos de color que corresponden a por lo menos un elemento de información, al menos un elemento estructural del conjunto que comprende un patrón, y

- ormar el por lo menos un elemento estructural del conjunto en un soporte, a fin de crear el
30 arreglo de elementos estructurales básicos de color, en donde :

- el soporte comprende una matriz impresa que comprende una pluralidad de píxeles, cada píxel que comprende al menos dos subpíxeles de colores diferentes, y

- la formación del por lo menos un elemento estructural básico de color comprende una modificación del soporte en al menos una parte de al menos un subpíxel de al menos un píxel de la
35 matriz, la modificación que permite obtener el color y el patrón del por lo menos un elemento estructural básico.

La invención permite codificar y, por consiguiente, almacenar en el código de barras una gran cantidad de información en una superficie limitada, por ejemplo, una parte de la superficie de un

documento de seguridad.

De hecho, el uso de colores en el código de barras permite codificar muchos más datos que un código de barras bidimensional en blanco y negro del mismo tamaño, es decir, un código de barras bidimensional en el que cada elemento estructural básico es ya sea completamente negro o completamente blanco. La densidad de datos, es decir, la cantidad de datos (en bytes) almacenados por unidad de área (en milímetros cuadrados) del código de barras bidimensional en blanco y negro y, de hecho, menos de 1 byte por milímetro cuadrado, en tanto que la invención permite una densidad de datos más grande, habitualmente de al menos 4 bytes por milímetro cuadrado.

Además, la técnica de creación del arreglo permite el almacenamiento seguro del elemento de información en el código de barras. De hecho, el arreglo no se puede modificar sin alterar el soporte del código de barras, contrario a las técnicas tradicionales de impresión (inyección de tinta, serigrafía o impresión por transferencia, a manera de ejemplo) de códigos de barras, lo que permite imprimir otro código de barras sobre el código de barras formado inicialmente.

Además, puesto que el elemento estructural básico codifica un elemento de información por su color y patrón, es posible leer el código de barras utilizando varios tipos diferentes de sensores, tal como un sensor de color estándar o un sensor de escala de grises.

En una modalidad particular, el elemento de información es una característica biométrica de referencia, el método que comprende además un paso de obtener el por lo menos un elemento de información a partir de una representación digital del elemento de información.

Debido al incremento en la densidad de datos que ofrece el código de barras de color, es posible almacenar una cantidad suficiente de características biométricas de referencia para permitir la autenticación fiable del titular de un documento de seguridad que comprende el código de barras, es decir, una cantidad suficiente de características biométricas para permitir una comparación entre las características biométricas de referencia y las características biométricas candidatas que verifican el compromiso entre las tasas de rechazo falso (FRR) y de aceptaciones falsas (FAR) aceptables.

La invención permite, por ejemplo, codificar una foto de identidad de al menos 10 kilobytes, lo que permite un funcionamiento correcto de los algoritmos de comparación facial.

En una modalidad particular, el soporte comprende una capa transparente, la matriz que se imprime opuesta a la capa transparente, la modificación que es una opacificación de la capa transparente con respecto a al menos una parte de al menos un subpíxel de al menos un píxel de la matriz o, alternativamente, un borrado por ablación de al menos una parte de al menos un subpíxel, o de una combinación de opacificación y borrado por ablación.

La formación del elemento estructural utiliza una tecnología precisa, lo que permite formar el arreglo de elementos estructurales básicos de color sin el riesgo de goteo a diferencia de las tecnologías de impresión de códigos de barras convencionales.

Además, la técnica de creación del arreglo permite el almacenamiento seguro del elemento de información en el código de barras. De hecho, puesto que el arreglo se realiza al nivel de dos capas diferentes o en niveles de espesor diferentes de la misma capa, no se puede modificar sin alterar el

soporte del código de barras.

En una modalidad particular, la opacificación se lleva a cabo por medio de un haz de láser, el haz de láser que carboniza en el punto la capa transparente para formar una serie de puntos con respecto a la por lo menos una parte de al menos un subpíxel.

5 En una modalidad particular, la modificación es un borrado por ablación de al menos una parte de al menos un subpíxel de un píxel de la matriz, realizado por medio de un haz de láser, a fin de borrar al menos parcialmente el color de la por lo menos una parte de al menos un subpíxel.

La formación del elemento estructural utiliza una tecnología precisa, lo que permite formar el arreglo de elementos estructurales básicos de color sin el riesgo de goteo a diferencia de las tecnologías de impresión de códigos de barras convencionales.

10 Además, la técnica de creación del arreglo permite el almacenamiento seguro del elemento de información en el código de barras. De hecho, el arreglo no se puede modificar sin alterar el soporte del código de barras.

En una modalidad particular:

15 el por lo menos un elemento de información toma la forma de un grupo de datos numéricos que comprende una pluralidad de subgrupos de datos numéricos,

la determinación de un conjunto de elementos estructurales básicos de color que corresponden al por lo menos un elemento de información se lleva a cabo por medio de una tabla de correspondencia, que asocia cada subgrupo de datos diferentes con un elemento estructural diferente de un color único y/o

20 que comprende un patrón único.

En una modalidad particular, el color de cada elemento estructural diferente de la tabla de correspondencia se selecciona para poderse diferenciar de los otros colores por un sensor de imagen digital cuya resolución es menor que la resolución necesaria para la visualización unitaria de un subpíxel, después del paso de formación.

25 La invención se refiere además a un dispositivo de seguridad que comprende un código de barras de color bidimensional fabricado de acuerdo con el método de fabricación como se describe anteriormente.

La invención también se refiere a un método de obtención de al menos un elemento de información codificado en un código de barras de color bidimensional fabricado de acuerdo con el método de fabricación como se describe anteriormente, el método de obtención que comprende los siguientes

30 pasos:

- leer el código de barras por medio de un sensor de imagen digital, y
- extraer, por medios de procesamiento de datos, el elemento de información del arreglo de elementos estructurales básicos de color, la extracción que se lleva a cabo en función de la colocación de cada elemento estructural en el arreglo, así como en función del color y/o el patrón de cada elemento

35 estructural del arreglo.

En una modalidad particular, el arreglo de elementos estructurales comprende una secuencia de referencia que comprende una pluralidad de elementos estructurales básicos de diferentes colores, el

paso de lectura que comprende una calibración de color del sensor de imagen digital, con base en la secuencia de referencia.

La invención también se refiere a un método de autenticación de un titular de un dispositivo de seguridad como se describe anteriormente, que comprende un código de barras de color que comprende un arreglo de elementos estructurales básicos de color que codifican al menos una característica biométrica de referencia, el método que comprende los siguientes pasos:

- obtener la por lo menos una característica biométrica de referencia de acuerdo con el método de obtención como se describe anteriormente,

- obtener al menos una característica biométrica candidata, representativa del titular por medio de un sensor biométrico,

- comparar, por medios de procesamiento de datos, la por lo menos una característica biométrica candidata con la por lo menos una característica biométrica de referencia, una correspondencia entre la por lo menos una característica biométrica candidata y la por lo menos una característica biométrica de referencia que es una condición para la autenticación exitosa del titular.

En una modalidad particular, la por lo menos una característica biométrica candidata corresponde a la por lo menos una característica biométrica de referencia si su distancia de acuerdo con una función de comparación predefinida es menor que un umbral predefinido.

En una modalidad particular, el arreglo de elementos estructurales del código de barras de color bidimensional codifica además al menos un elemento de información con respecto a la singularidad física del documento,

el método que comprende además los siguientes pasos:

- extraer el por lo menos un elemento de información con respecto a la singularidad física del documento,

- detectar al menos un elemento de singularidad física del documento,

- comparar al menos un elemento de información con respecto a la singularidad física del documento y del por lo menos un elemento de singularidad física del documento, una correspondencia entre el por lo menos un elemento de información con respecto a la singularidad física del documento y el por lo menos un elemento de singularidad física del documento que es una condición para la autenticación exitosa del titular.

En una modalidad particular, los diferentes pasos del método de obtención y/o del método de autenticación como se describe anteriormente se determinan por instrucciones de programa de computadora.

Por consiguiente, la invención también se refiere a un programa de computadora en un soporte de información (o medio de registro), este programa que es capaz de implementarse por un servidor o más en general en una computadora, este programa que comprende instrucciones adaptadas a la implementación de los pasos del método de obtención y/o del método de autenticación como se describe anteriormente.

Este programa puede utilizar cualquier lenguaje de programación, y puede estar en forma de

código fuente, código objeto o código intermedio entre el código fuente y el código objeto, tal como en una forma particularmente compilada, o en cualquier otra forma deseable.

En una modalidad particular, cuando el programa de computadora comprende instrucciones adaptadas a la implementación de los pasos del método de obtención, las instrucciones del programa de computadora permiten, en particular, controlar el sensor de imagen digital a fin de que lea el código de barras y, por consiguiente, permiten obtener una imagen digital del código de barras o de al menos una parte del código de barras.

La invención también se refiere a un soporte de información (o medio de registro) leíble por un servidor o más en general por una computadora, y que comprende instrucciones de un programa de computadora como se menciona anteriormente.

El soporte de información puede ser cualquier entidad o dispositivo capaz de almacenar el programa. Por ejemplo, el soporte puede comprender un medio de almacenamiento, tal como una memoria no volátil reescribible (del tipo "EEPROM" o "NAND flash", a manera de ejemplo), o tal como una "ROM", por ejemplo una "CD ROM" o una "ROM" de un circuito microelectrónico, o un medio de registro magnético, por ejemplo un disquete ("disco flexible") o un disco duro.

Por otra parte, el soporte de información puede ser un soporte transmisible tal como una señal eléctrica u óptica, que se puede transportar mediante un cable eléctrico u óptico, por radio o por otros medios. El programa de acuerdo con la invención se puede descargar en particular a través de una red de tipo Internet.

Alternativamente, el soporte de información puede ser un circuito integrado en el que se incorpora el programa, el circuito que se adapta para ejecutar o para utilizarse en la ejecución del método en cuestión.

Breve descripción de las figuras

Otras características y ventajas de la presente invención surgirán de la descripción proporcionada a continuación, con referencia a las figuras anexas que ilustran una modalidad no limitante de las mismas. En las figuras:

La figura 1 representa esquemáticamente un ejemplo de un código de barras que se puede fabricar de acuerdo con el método de la figura 3;

La figura 2A representa esquemáticamente una vista superior de un ejemplo de soporte que se puede utilizar en tanto que se implementa el método de la figura 3;

La figura 2B representa esquemáticamente una sección transversal del soporte de la figura 2A;

La figura 3 representa, en forma de un diagrama de flujo, los pasos principales de un método de fabricación de acuerdo con una modalidad de ejemplo de la invención;

La figura 4 representa esquemáticamente un ejemplo de una tabla de correspondencia que se puede utilizar en tanto que se implementa el método de la figura 3,

La figura 5A representa esquemáticamente un paso de selección de colores de la tabla de correspondencia de la figura 4;

La figura 5B representa esquemáticamente un paso de selección de colores de la tabla de

correspondencia de la figura 4;

La figura 5C representa esquemáticamente un paso de selección de colores de la tabla de correspondencia de la figura 4;

5 La figura 5D representa esquemáticamente un paso de selección de colores de la tabla de correspondencia de la figura 4;

La figura 6A representa esquemáticamente un ejemplo de un arreglo de elementos estructurales creado sobre el soporte de la figura 2A;

La figura 6B representa esquemáticamente una sección transversal de acuerdo con A-A del arreglo de elementos estructurales de la figura 6A;

10 La figura 7 representa esquemáticamente un ejemplo de una secuencia de modificación que se puede utilizar en tanto que se implementa el método de la figura 3;

La figura 8 representa esquemáticamente un ejemplo de un lector de código de barras capaz de implementar el método de obtención de la figura 9;

15 La figura 9 representa, en forma de un diagrama de flujo, los pasos principales de un método de producción de acuerdo con una modalidad de ejemplo de la invención;

La figura 10A representa esquemáticamente un ejemplo de una tabla de comparación que se puede utilizar en tanto que se implementa el método de la figura 9;

La figura 10B representa esquemáticamente otro ejemplo de una tabla de comparación que se puede utilizar en tanto que se implementa el método de la figura 9;

20 La figura 11 representa esquemáticamente un ejemplo de un dispositivo de seguridad de acuerdo con una modalidad de ejemplo de la invención;

La figura 12 representa, en forma de un diagrama de flujo, los pasos principales de un método de autenticación de acuerdo con una modalidad de ejemplo de la invención.

Descripción detallada de la invención

25 La presente invención se refiere a la fabricación de un código de barras de color bidimensional 110, también conocido como un código de barras de color de alta densidad 110, que habitualmente puede tomar la forma de un código de tipo "matriz de datos". 2.

30 Como se muestra en la figura 1, que representa esquemáticamente un ejemplo de un código de barras de color 110, el código de barras de color 110 que comprende un arreglo 112 de elementos estructurales básicos de color 114, este arreglo 112 codifica al menos un elemento de información, habitualmente en una parte de codificación 118 del arreglo, la parte puede ser discontinua.

35 Cada elemento de información puede ser un dato numérico con relación al dispositivo de seguridad en el que se forma el código de barras 110, un dato numérico con relación al titular autorizado del dispositivo de seguridad (tal como una característica biométrica de referencia), o un dato numérico con relación a la organización que fabricó (o emitió) el dispositivo de seguridad.

Cada elemento estructural básico 114 corresponde a una entidad elemental del arreglo 112. Todos los elementos estructurales básicos habitualmente tienen la misma forma geométrica, por ejemplo, una forma triangular, rectangular, hexagonal o cuadrada.

El arreglo 112 de los elementos estructurales 114 puede comprender una o más secuencias de referencia 115, cada secuencia de referencia 115 que se coloca en una ubicación diferente del arreglo 112.

Cada secuencia de referencia 115 habitualmente comprende un elemento estructural básico 114 de cada color diferente que puede estar presente en el código de barras 110. Por consiguiente, cada secuencia de referencia 115 se puede utilizar por un lector con propósitos de calibración, tal como se explica a continuación con referencia a la figura 9.

Además, el código de barras 110 puede comprender marcas de detección de código de barras 116 y marcas de detección de zona de información 117, estas marcas 116, 117 también se pueden utilizar en tanto que se lee el código de barras 110.

Además, el código de barras 110 puede comprender una parte de corrección de errores 119, cuya parte puede ser discontinua.

El código de barras 110 se forma en un soporte 220 tal como, por ejemplo, el soporte 220 representado en las figuras 2A y 2B. El soporte 220 es habitualmente un sustrato que comprende una capa transparente 222 y una matriz 224 impresa opuesta a la capa transparente 222, es decir, en uno de los lados de la capa transparente 222 o en otra capa 220 colocada opuesta a la capa transparente 222. La matriz 224 comprende una pluralidad de píxeles 226, cada píxel 226 que comprende al menos dos subpíxeles 228 de colores diferentes. Cada píxel 226 habitualmente comprende tres subpíxeles 228 de diferentes colores, por ejemplo, los colores primarios rojo, verde y azul o amarillo, magenta y cian. De manera alternativa, cada píxel puede comprender cuatro subpíxeles 228 de diferentes colores, por ejemplo, amarillo, magenta, cian y blanco.

En el ejemplo de las figuras 2A y 2B, cada píxel 226 es de forma cuadrada y cada subpíxel 228 es de forma rectangular. De manera alternativa, los píxeles 226 de la matriz 224 pueden tomar la forma de otra figura geométrica, tal como un rectángulo o un triángulo (los subpíxeles 228 también pueden tomar la forma de un triángulo).

En el ejemplo de las figuras 2A y 2B, la matriz 224 comprende nueve píxeles. Sin embargo, la matriz 224 puede comprender, por supuesto, más de nueve píxeles.

Por ejemplo, para una matriz 224 de 85.6 mm × 26.99 mm que habitualmente se puede utilizar para un documento de seguridad, el tamaño de un píxel puede ser $(4 \times 70 \mu\text{m})^2$. El número máximo de píxeles se acerca entonces a 3.10^4 píxeles.

La matriz 224 se puede imprimir en la capa transparente 222 o en una capa opaca 229 del soporte 220. La capa opaca 229 es habitualmente de color blanco.

Además, en el ejemplo de las figuras 2A y 2B, la matriz 224 se coloca entre la capa transparente 222 y la capa opaca 229 del soporte 220. De manera alternativa, la capa transparente se puede colocar entre la matriz 224 y la capa opaca 229.

De manera alternativa, el soporte 220 no comprende una capa transparente 222.

De manera alternativa, el soporte 220 comprende una capa blanca en la que se coloca una primera capa transparente, la matriz que se coloca en la primera capa transparente y una segunda capa

transparente que se coloca en la matriz.

El soporte 220 se puede integrar en un dispositivo de seguridad, por ejemplo, una insignia o documento de seguridad. El documento de seguridad puede ser un documento de identidad, tal como un pasaporte, una tarjeta de identidad, una licencia de conducir, etc.

5 Por consiguiente, el soporte 220 puede ser un cuerpo de tarjeta o una página de un documento de seguridad, por ejemplo, una página de datos de un pasaporte.

La figura 3 representa un método para fabricar un código de barras de color 110 tal como el código de barras 110 de la figura 1, el método que es de acuerdo con una modalidad de ejemplo de la invención. El método de fabricación se implementa habitualmente por un sistema de fabricación que
10 comprende medios de procesamiento de datos numéricos y un haz de láser, que habitualmente tiene una longitud de onda de 1064 nm.

Los medios de procesamiento de datos habitualmente que toman la forma de una computadora, que ejecutan un programa de computadora almacenado en un soporte de información (o memoria) leíble por la computadora.

15 En un paso E302, se obtienen uno o más elementos de datos por los medios de procesamiento de datos del sistema de fabricación.

A fin de simplificar el resto de la descripción, se considerará a continuación que sólo se obtiene un elemento de información en el paso E302. Sin embargo, se entenderá que, para la implementación de la invención, se pueden obtener varios elementos de información en este paso E302, y entonces se
20 pueden codificar en el código de barras de color 110 en tanto que se implementan de los siguientes pasos.

El elemento de información habitualmente toma la forma de un grupo de datos numéricos que comprende una pluralidad de subgrupos de datos numéricos.

El elemento de información se obtiene habitualmente a partir de una representación digital de este elemento de información, por ejemplo, a partir de una imagen digital. El procesamiento de imágenes, que depende de la naturaleza del elemento de información, se puede realizar en la imagen digital a fin de
25 extraer el elemento de información.

El elemento de información es, por ejemplo, una característica biométrica de referencia, habitualmente obtenida a partir de una imagen digital, la característica biométrica de referencia que es capaz de utilizarse para una autenticación de un titular de documento de seguridad.
30

La imagen digital es habitualmente una imagen o la firma de la cara, un iris o una huella dactilar del titular del documento de seguridad. Por consiguiente, la característica biométrica de referencia puede ser un conjunto de puntos particulares en la cara, el iris o la huella dactilar (estos puntos particulares se pueden llamar minucias en el caso de una huella dactilar). Este conjunto de puntos particulares se elige
35 tal que represente de manera fiable al titular autorizado del documento de seguridad.

De manera alternativa, el elemento de información es un dato numérico con relación al dispositivo de seguridad en el que se forma el código de barras 110, un dato numérico con relación al usuario (o titular) del dispositivo de seguridad, o un dato numérico con relación a la organización que fabricó (o

emitió) el dispositivo de seguridad.

En un paso E304, se determina un conjunto de elementos estructurales básicos de color que corresponden al elemento de información obtenido en el paso E302, por los medios de procesamiento de datos en el sistema de fabricación. Este paso permite, por consiguiente, convertir el elemento de información en un conjunto de elementos estructurales básicos de color que se van a formar en un soporte a fin de crear el código de barras 110.

La determinación del conjunto de elementos estructurales se lleva a cabo habitualmente por medio de una primera tabla de correspondencia, que asocia cada subgrupo de datos diferente con un elemento estructural diferente, de un color único y que puede comprender un patrón único.

Por consiguiente, cada subgrupo de datos del elemento de información se puede buscar en la primera tabla de correspondencia, a fin de obtener el elemento estructural asociado 114 y de esta manera determinar el conjunto de elementos estructurales.

Cada subgrupo de datos buscado se puede obtener después de realizar un cambio de base numérica en el nivel de grupo de datos.

La figura 4 representa esquemáticamente un ejemplo de una primera tabla de correspondencia 400 que se puede utilizar en el paso E304.

Esta primera tabla de correspondencia asocia dieciséis elementos estructurales 114 diferentes con dieciséis subgrupos de datos diferentes 402, cada subgrupo de datos 402 diferente que corresponde a un símbolo diferente de la base hexadecimal. Además, cuando el elemento de información no se codifica en hexadecimal, es necesario realizar un cambio de base numérica a fin de obtener un elemento de información codificado en hexadecimal. El elemento de información puede entonces comprender un grupo de símbolos de la base hexadecimal, cada símbolo que es un subgrupo de datos 402 que se puede buscar en la primera tabla de correspondencia 400.

El color de cada elemento estructural 114 de la primera tabla 400 es único, es decir, diferente de los colores de los otros elementos estructurales 114 de la primera tabla 400. Además, cada elemento estructural 114 de la primera tabla 400 comprende un patrón único 404, es decir, un patrón 404 diferente de los patrones 404 de los otros elementos estructurales 114 de la primera tabla 400.

Cada color del elemento estructural 114 de la tabla de correspondencia que se puede utilizar en el paso E304 se selecciona para poderse diferenciar de los otros colores por una cámara descrita a continuación (por ejemplo, una cámara de color de baja resolución) cuya resolución es menor que la resolución necesaria para la visualización unitaria de un subpíxel, durante una lectura del código de barras de color 110, después de un paso de formación E308 del elemento estructural 114. Esto permite minimizar el riesgo de error en tanto que se lee el código de barras 110.

La selección de los colores de los elementos estructurales 114 de la primera tabla de correspondencia se lleva a cabo durante una fase preliminar, que precede al uso de la primera tabla de correspondencia, y por consiguiente, antes del paso E304. Cada color se puede definir al variar los niveles de gris de una pluralidad de colores primarios diferentes (por ejemplo, colores rojo, verde y azul) que forman la matriz de píxeles. Cada color primario tiene una posición diferente en el espectro visible.

Como se muestra en la figura 5A, con tres niveles de gris (0 ;50 ;100) para cada color primario R, G, B, es posible generar veintisiete colores diferentes 501. Sin embargo, ciertos colores pueden estar demasiado cerca y, por consiguiente, podrían ser fuentes de error en tanto que se lee el código de barras. La selección, por ejemplo, de dieciséis colores entre los veintisiete colores diferentes permite, sin embargo, obtener un código de barras que es cuatro veces más compacto que un código de barras bidimensional en blanco y negro. A mayor es el número de colores seleccionados, mayor es la densidad de datos.

Los colores se pueden seleccionar de un conjunto de colores (por ejemplo, el conjunto de colores 501 de la figura 5A) por medio de un escáner de referencia, tal que sólo se seleccionen los colores del conjunto que se pueden diferenciar fácilmente después de haberse escaneado por el escáner de referencia.

Más precisamente, durante la fase preliminar de selección de color, para cada color del conjunto, se pueden definir zonas de diferentes colores por los medios de procesamiento de datos.

Como se muestra en la figura 5B, las zonas de color 502 son, por ejemplo, líneas, cada línea 502 que se forma por varios elementos estructurales básicos 114 del mismo color.

Las áreas de color 502 se forman entonces en una superficie plana tal como una lámina. Las zonas de color 502 se pueden imprimir, por ejemplo, por medio de una impresora de inyección de tinta o láser. De manera alternativa, como se muestra en la figura 5C, las zonas de color 502 se pueden formar por la modificación de un soporte plano que tiene, por ejemplo, la misma estructura que el soporte de las figuras 2A y 2B, utilizando una secuencia de modificación 504 con base en las zonas de color definidas 502. La modificación del soporte se puede llevar a cabo de acuerdo con el método descrito a continuación con referencia al paso E308.

La superficie plana entonces se escanea por el escáner de referencia, el escáner de referencia que obtiene de esta manera una imagen digital 506 de la superficie plana. El color de cada píxel de la imagen digital 506 entonces se puede medir, habitualmente en niveles de colores primarios. La figura 5D representa el color de cuatro píxeles diferentes i, j, k y m de la imagen digital 506 en un espacio colorimétrico. Puesto que el color c_j del píxel j está demasiado cerca del color c_k del píxel k (en la figura colocada dentro de un intervalo predefinido I de colores cercanos en el espacio de color primario RGB), el color c_j del píxel j no se selecciona y, por consiguiente, no forma parte del conjunto EC de color final que se puede utilizar. La selección de los colores se puede llevar a cabo de manera complementaria con la ayuda de otros parámetros de diferenciación tal como la geometría del elemento estructural básico de color 114 o la posición del elemento estructural básico de color 114 en el código de barras.

El número de combinaciones posibles de codificación por medio de la primera tabla de correspondencia y de la matriz 224 es de MN combinaciones donde M es el número de diferentes elementos estructurales de la tabla, y N es el número de ubicaciones disponibles en la matriz 224, es decir, el número de píxeles de la matriz 224 que se pueden utilizar para codificar el elemento de información, por ejemplo, el número de píxeles que se pueden utilizar para formar los elementos estructurales de la parte de codificación 118 del arreglo.

Se considera, por ejemplo, que todos los píxeles de la matriz 224 de las figuras 2A y 2B se utilizan para formar el elemento de información. Si se utiliza la primera tabla de correspondencia de la figura 4, entonces hay 164 combinaciones posibles de codificación en esta matriz 224.

Se pueden agregar elementos estructurales adicionales, utilizados para minimizar el riesgo de error de lectura, al conjunto de elementos estructurales básicos de color determinados en el paso E304. Estos elementos estructurales adicionales se obtienen, por ejemplo, utilizando el algoritmo de corrección de errores Reed-Solomon. Además, los elementos estructurales de las secuencias de referencia se pueden agregar al conjunto.

El método de fabricación puede comprender además un paso de obtención E306 del soporte 220 en el que se puede formar el código de barras 110, tal como, por ejemplo, el soporte 220 representado en las figuras 2A y 2B. El soporte 220, por ejemplo, se fabrica, la fabricación del soporte 220 que comprende la impresión de la matriz 224 en la capa transparente 222 o en la capa opaca 229, y opcionalmente una laminación de las capas del soporte 220.

Entonces, en un paso E308, se forma al menos un elemento estructural 114 del conjunto de elementos estructurales básicos de color sobre el soporte 220, a fin de crear el arreglo 112 de elementos estructurales básicos de color 114.

En este paso E308, el arreglo 112 de los elementos estructurales 114 se puede crear formando los elementos estructurales 114 del conjunto determinado en el paso E304, por ejemplo, de acuerdo con una trayectoria predefinida.

La formación de un elemento estructural 114 del conjunto comprende una subpaso de modificación del soporte 220 al nivel de al menos una parte de al menos un subpíxel 228 de al menos un píxel 226 de la matriz 224, esta modificación que permite obtener el color del elemento estructural 114, y opcionalmente el patrón 404 del elemento estructural 114. La modificación se lleva a cabo habitualmente por medio del láser del sistema de fabricación.

Por consiguiente, un píxel 226 de la matriz 224 se convierte, después de la modificación del soporte 220 al nivel de al menos una parte de al menos uno de sus subpíxeles 228, en un elemento estructural 114 del arreglo 112.

La modificación es, por ejemplo, una opacificación de la capa transparente 222, con respecto a la por lo menos una parte de al menos un subpíxel 228, realizada por medio del haz de láser. Por ejemplo, para cada elemento estructural 114 del conjunto, el haz de láser carboniza en el punto la capa transparente 222 para formar una serie de puntos con respecto a la por lo menos una parte en la capa transparente 222 (es decir, entre los dos lados externos de la capa transparente 222), por ejemplo, dos o cuatro puntos.

La carbonización de la capa transparente 222 con respecto a al menos una parte de un subpíxel 228 de un píxel 224 genera un nivel de gris al nivel de este subpíxel 228, que permite obtener el color del elemento estructural 114 creado a partir del píxel 226.

Además, la carbonización de la capa transparente 222 con respecto a al menos una parte de un subpíxel 228 de un píxel 226 permite obtener el patrón 404 del elemento estructural 114 creado a partir

del píxel 226. Por ejemplo, la serie de puntos se forma tal que reproduzca el patrón 404 del elemento estructural 114 tal como se presenta en la primera tabla 400.

La modificación del soporte 220 es habitualmente una opacificación en tanto que el color de los subpíxeles se logra debido a una tecnología de impresión.

5 Las figuras 6A y 6B representan el soporte 220 de las figuras 2A y 2B en el que se ha creado un arreglo 112 de elementos estructurales básicos de color 114 en tanto que se implementa el paso E308.

El arreglo 112 de las figuras 6A y 6B comprende nueve elementos estructurales 114, arreglados de acuerdo con una trayectoria Ta.

10 Los nueve elementos estructurales 114 se obtuvieron en el paso E304 por medio de la primera tabla 400 de la figura 4, tal que codifiquen un elemento de información que toma el valor 1f59ce6b6.

Como es visible en las figuras 6A y 6B, cada subpíxel 228 puede ser, por ejemplo, un rectángulo que se puede dividir en tres partes iguales (habitualmente tres cuadrados), el láser que puede carbonizar la capa transparente 222 tal que forme uno o más puntos con respecto a cada parte (por ejemplo, dos o cuatro puntos). Por supuesto, se pueden contemplar otras configuraciones.

15 Alternativamente, la modificación puede ser un borrado por ablación de la por lo menos una parte de al menos un subpíxel 228, realizada por medio del haz de láser. Por ejemplo, para cada elemento estructural 114 del conjunto, el haz de láser borra al menos parcialmente el color de al menos una parte de al menos un subpíxel.

20 La modificación es habitualmente un borrado por ablación en tanto que el color de los subpíxeles se forma por un dispositivo de difracción de luz, por ejemplo, debido a un holograma.

Todos los elementos estructurales 114 del conjunto, por ejemplo, se forman en el soporte 220 en el paso E308.

25 De manera alternativa, la formación de uno o más elementos estructurales 114 del conjunto no necesita ninguna modificación del soporte 220. Cada uno de estos elementos estructurales entonces no comprende un patrón 404, y el color del elemento se define por los subpíxeles del píxel asociado.

30 A fin de guiar el láser durante la modificación del soporte 220, por ejemplo, durante la carbonización o borrado por ablación de la matriz, se puede utilizar una secuencia de modificaciones, esta secuencia que comprende todas las modificaciones que se van a llevar a cabo en el soporte 220. Esta secuencia puede comprender todos los patrones de todos los elementos estructurales 114 que se van a formar, estos patrones que se arreglan de acuerdo con la trayectoria predefinida del arreglo. La figura 7 muestra un ejemplo de una secuencia de modificaciones 700 utilizada para fabricar el código de barras de la figura 1.

El código de barras de color 110 creado de acuerdo con el método de la figura 3 entonces se puede leer a fin de obtener el elemento de información codificado.

35 La figura 8 representa esquemáticamente un lector de código de barras de color 800 de acuerdo con una modalidad de ejemplo de la invención, capaz de implementar un método de obtención de acuerdo con una modalidad de ejemplo, por ejemplo, el método descrito con referencia a la figura 9.

El lector 800 presenta la arquitectura convencional de una computadora, y puede comprender, en

particular, un procesador 802, una memoria de sólo lectura 803 (del tipo "ROM"), una memoria no volátil reescribible 804 (del tipo "EEPROM" o "NAND flash", a manera de ejemplo), una memoria volátil reescribible 805 (del tipo "RAM"), una interfaz de comunicación 806 y/o un sensor de imagen digital 807.

En este ejemplo, la memoria de sólo lectura 804 constituye un soporte de información (o registro) de acuerdo con una modalidad particular de la invención. En la memoria de sólo lectura 804 se almacena un programa de computadora P1 que permite que el lector 800 implemente al menos una parte de un método de obtención de acuerdo con una modalidad de ejemplo de la invención. De manera alternativa, el programa de computadora P1 se almacena en la memoria no volátil reescribible 805. Por consiguiente, el lector 800 comprende medios de procesamiento de datos.

El sensor 807 es habitualmente una cámara de color de baja resolución, una cámara en escala de grises, por ejemplo, una cámara de alta resolución, o un escáner.

El lector 800 puede ser capaz de comunicarse, a través de la interfaz de comunicación 806 y una red de telecomunicaciones, con un dispositivo electrónico externo tal como un servidor.

El lector 800 es capaz de leer, por medio del sensor 807, un código de barras de color 110 de acuerdo con una modalidad de ejemplo.

La figura 9 representa un método para obtener al menos un elemento de información codificado en un código de barras de color 110 fabricado de acuerdo con el método de la figura 3, por ejemplo, el código de barras 110 de la figura 1 o de la figura 6A.

En un paso E902, el código de barras 110 se lee por medio del sensor de imagen digital 807.

Cuando el código de barras 110 comprende al menos una secuencia de referencia 115, el paso de lectura E902 puede comprender una calibración de color del sensor 707. De hecho, puesto que la secuencia de referencia 115 habitualmente comprende un elemento estructural básico 114 de cada color diferente que puede estar presente en el código de barras de color 110, esta secuencia se puede utilizar como un modelo a fin de calibrar dinámicamente el sensor 807 y diferenciar los colores en tanto que se lee el código de barras de color 110.

Esta calibración permite compensar la variación en la transcripción del color que se puede presentar entre dos sensores de diferentes tipos o dos sensores del mismo tipo, pero calibrados de manera diferente, o la variación en la transcripción del color por el mismo sensor, pero bajo condiciones de iluminación diferentes (por ejemplo, condiciones de iluminación no blancas, que distorsionan los colores).

Esta calibración también permite compensar las variaciones de color entre dos códigos de barras diferentes, debido a la fabricación del código de barras. Estas variaciones de color habitualmente son debido a una variación en los colores de los subpíxeles de la matriz, una deformación de la matriz, una variación en la potencia del láser o en la posición de las modificaciones realizadas por el láser.

En un paso E906, el lector 800, o más precisamente los medios de procesamiento de datos del lector 800, extraen el elemento de información del arreglo 112 de elementos estructurales básicos de color 114.

La extracción se lleva a cabo en función de la colocación de cada elemento estructural 114 en el

arreglo 112, o más precisamente en función de la trayectoria del arreglo, así como en función del color y/o el patrón 404 de cada elemento estructural 114 del arreglo 112 que codifica el elemento de información, por ejemplo, cada elemento estructural 114 de la parte de codificación 118.

5 Por consiguiente, el color y el patrón 404 de cada elemento estructural 114 de la parte de codificación 118 se pueden utilizar en combinación, cuando la definición del sensor 807 lo permite. Si la definición del sensor 807 es baja, sólo se puede utilizar el color.

De hecho, la lectura del código de barras de color no requiere una cámara de alto rendimiento. Sin embargo, en caso de fallo de la lectura de una cámara de color, siempre es posible obtener una lectura de los patrones 404 por una cámara N con niveles de gris más eficientes. Por consiguiente, los
10 patrones aislados 404 pueden formar un código de “emergencia” en el caso de fallo de lectura del código de barras de color.

Más precisamente, se puede utilizar una segunda tabla de correspondencia a fin de buscar cada elemento estructural 114 del arreglo 112 y determinar el subgrupo de datos correspondiente. Los subgrupos de datos se colocan entre sí de acuerdo con la colocación de cada elemento estructural 114
15 en el arreglo 112, y por consiguiente, de acuerdo con la trayectoria del arreglo.

Además, los elementos estructurales 114 de la parte de corrección de errores 119 también se pueden buscar en la segunda tabla de correspondencia y entonces utilizarse a fin de determinar los subgrupos de datos.

Cada elemento estructural 114 del arreglo 112 se puede buscar en la segunda tabla de correspondencia utilizando el color del elemento estructural 114 y/o el patrón del elemento estructural 114, el color y el patrón del elemento estructural 114 que codifica la misma información.
20

La segunda tabla de correspondencia puede ser la primera tabla de correspondencia utilizada en el paso E304 del método de fabricación, o una tabla de correspondencia 1002 que asocia cada subgrupo de datos con el color de cada elemento estructural diferente (ver figura 10A), o una tabla de correspondencia 1004 que asocia cada subgrupo de datos con el patrón 404 de cada elemento estructural diferente (ver figura 10B).
25

De hecho, en tanto que el sensor 807 es un sensor capaz de diferenciar entre colores tal como una cámara de color de baja resolución, el color del elemento estructural obtenido durante la lectura en el paso E902 se busca en la segunda tabla de correspondencia.

30 En tanto que el sensor 807 es un sensor capaz de diferenciar niveles de gris, tal como una cámara de nivel de gris, el patrón del elemento estructural obtenido durante la lectura en el paso E902 se busca en la segunda tabla de correspondencia.

La fabricación del código de barras 110 de acuerdo con el método de la figura 3 permite de esta manera que el código de barras 110 se lea por varios tipos de sensores diferentes 807.

35 El resultado del paso E 906, es decir, el elemento de información extraído por medio del código de corrección de errores y del arreglo 112, se puede utilizar a fin de definir las siguientes secuencias de referencia que se van a formar y, de esta manera refinar el modelo de detección, habitualmente en tanto que la extracción se lleva a cabo en el contexto del aprendizaje automático.

Como se indica anteriormente, el soporte 220 en el que el código de barras de color 110 creado de acuerdo con el método de la figura 3 se puede integrar en un dispositivo de seguridad tal como un documento de seguridad 1110 (ver la figura 11). El elemento de información codificado por el código de barras de color puede ser una característica biométrica de referencia que caracteriza al titular del documento de seguridad, cuya característica biométrica de referencia se puede utilizar para autenticar al titular autorizado del documento de seguridad.

Por consiguiente, el lector 800 de la figura 8 puede ser un lector de documentos de seguridad capaz de implementar un método de autenticación de acuerdo con una modalidad de ejemplo, por ejemplo, el método descrito con referencia a la figura 12. El lector 800 entonces comprende además un sensor biométrico 1118, y el programa de computadora P1 puede permitir que el lector 800 implemente todo o parte del método de autenticación.

El sensor biométrico 1118 es, por ejemplo, un sensor óptico habitualmente capaz de obtener imágenes digitales de huellas dactilares, o una cámara digital o una cámara digital habitualmente capaz de obtener imágenes digitales de caras e/o iris.

La figura 12 representa un método de autenticación de un titular de un documento de seguridad que comprende un código de barras de color 110 fabricado de acuerdo con el método de la figura 3, por ejemplo, el código de barras de color 110 de la figura 1 o de la figura 6A.

El código de barras de color 110 codifica una característica biométrica de referencia que caracteriza al titular del documento de seguridad.

Los pasos E902 y E906 del método de obtención descrito con referencia a la figura 9 se implementan por los medios de procesamiento de datos del lector 800 a fin de extraer la característica biométrica de referencia del código de barras 110.

En un paso E1208, se obtiene al menos una característica biométrica candidata representativa del titular por medio del sensor biométrico 1118.

A fin de simplificar el resto de la descripción, se considerará a continuación que sólo se obtiene una característica biométrica candidata en el paso E1208. Sin embargo, se entenderá que, para la implementación de la invención, se pueden obtener varias características biométricas candidatas en este paso E1208 y entonces se pueden comparar con varias características biométricas de referencia en el paso E1210 descritas a continuación.

En un paso E1210, los medios de procesamiento de datos del lector 800 comparan la característica biométrica candidata con la característica biométrica de referencia, una correspondencia entre la característica biométrica candidata y la característica biométrica de referencia que es una condición para la autenticación exitosa del titular.

La característica biométrica candidata habitualmente corresponde a la característica biométrica de referencia si su distancia de acuerdo con una función de comparación predefinida es menor que un umbral predefinido.

En el caso donde la característica biométrica candidata corresponde a la característica biométrica de referencia, la autenticación del titular es habitualmente exitosa. En el caso de que la característica

biométrica candidata no corresponda a la característica biométrica de referencia, la autenticación del titular falla.

El arreglo de los elementos estructurales 114 del código de barras de color también puede codificar al menos un elemento de información con respecto a la singularidad física del documento de seguridad.

Este elemento de información, que se puede llamar la firma del documento de seguridad 1110, es, por ejemplo, coordenadas de un conjunto de puntos con relación a una marca de referencia predeterminada, estas coordenadas representan una función física no clonable o PUF.

Una característica física no clonable es el resultado de un fenómeno que es fácil de implementar, este resultado que es imposible de reproducir incluso en las mismas condiciones de operación.

Por ejemplo, las coordenadas representan una deformación del documento de seguridad 1110 debido al calor. El método de fabricación del documento de seguridad 1110 puede comprender un ensamblaje por adición térmica de una primera capa con al menos una segunda capa, esta adición térmica que se acompaña posiblemente por la aplicación de presión sobre las capas. La primera capa (por ejemplo, la capa transparente 222) puede ser habitualmente de material polimérico termoplástico y comprender un patrón de referencia, por ejemplo, la matriz misma, que comprende un conjunto determinado de puntos. El patrón de referencia se imprime habitualmente al nivel de una zona sensible del documento de seguridad, es decir, una zona susceptible de alterarse, tal como una zona que comprende información que identifica al titular autorizado del documento de seguridad 1110, por ejemplo, la foto del titular autorizado, una bisagra del documento de seguridad, etc.

El ensamblaje de las capas conduce a una deformación de la primera capa y, por consiguiente, a una deformación del patrón de la primera capa, esta deformación que no se puede prever de antemano. Las diferencias de amplitud y orientación entre los puntos del patrón impreso inicialmente y aquellos del patrón obtenido después del ensamblaje forman de esta manera una firma que es imposible de reproducir. Las diferencias de amplitud y orientación se pueden detectar ópticamente y entonces se pueden almacenar en forma de coordenadas en el arreglo 112 de elementos estructurales 114.

Por consiguiente, los pasos E902 y E906 del método de obtención descrito con referencia a la figura 9 también se pueden implementar por los medios de procesamiento de datos del lector 800 a fin de extraer el elemento de información del código de barras 110 con respecto a la singularidad física del documento de seguridad.

En un paso E1212, al menos un elemento de singularidad física del documento se puede detectar por un sensor adaptado del lector 800, o un lector 800 de más alta resolución utilizado por el científico forense durante las investigaciones criminales. El elemento detectado es habitualmente las coordenadas de los puntos del conjunto determinado de puntos del patrón.

Entonces, en un paso E1214, el elemento de información con respecto a la singularidad física del documento se compara con el elemento de singularidad física del documento, una correspondencia entre el elemento de información con respecto a la singularidad física del documento y el elemento de singularidad física del documento que es una condición para la autenticación exitosa del titular.

En el caso en que el patrón se haya alterado después de la fabricación del documento de seguridad 1110, el elemento de información con respecto a la singularidad física del documento no corresponde al elemento de singularidad física del documento de seguridad 1110 y la autenticación del titular falla.

- 5 En el caso de que el patrón no se haya alterado después de la fabricación del documento de seguridad, el elemento de información con respecto a la singularidad física del documento de seguridad 1110 corresponde al elemento de singularidad física del documento de seguridad 1110. La autenticación del titular entonces es exitosa. De manera alternativa, la autenticación del titular es exitosa en el caso de la correspondencia entre el elemento de información con respecto a la singularidad física y el elemento
- 10 de singularidad física del documento de seguridad 1110, y en el caso de la correspondencia entre la característica biométrica candidata y la característica biométrica de referencia en el paso E1210.