

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 992 218**

51 Int. Cl.:

B42D 25/305 (2014.01)

B42D 25/369 (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.08.2021** **PCT/EP2021/073864**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.03.2022** **WO22049025**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.08.2021** **E 21769961 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.08.2024** **EP 4208348**

54 Título: **Marca de seguridad, método y dispositivo para leer la marca de seguridad, documento de seguridad marcado con la marca de seguridad y método y sistema para verificar dicho documento de seguridad**

30 Prioridad:

02.09.2020 EP 20194057

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

10.12.2024

73 Titular/es:

SICPA HOLDING SA (100.0%)
Avenue de Florissant 41
1008 Prilly, CH

72 Inventor/es:

DINOEV, TODOR;
DORIER, JEAN-LUC;
RAEMY, XAVIER CÉDRIC;
CARNERO, BENITO;
LOGINOV, EVGENY y
CALLEGARI, ANDREA

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 992 218 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

Marca de seguridad, método y dispositivo para leer la marca de seguridad, documento de seguridad marcado con la marca de seguridad y método y sistema para verificar dicho documento de seguridad

5

CAMPO TÉCNICO

La presente invención se refiere al campo de las capas inducidas magnéticamente, de los métodos y dispositivos para leer una capa inducida magnéticamente y de los métodos y sistemas para verificar y autenticar documentos, incluidas las capas inducidas magnéticamente, en donde dicha capa inducida magnéticamente comprende partículas de pigmento orientadas magnéticas o magnetizables.

10

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

En la técnica, se conoce el uso de tintas curables por radiación, composiciones, revestimientos o capas que contienen partículas de pigmento orientadas magnéticas o magnetizables, particularmente también partículas de pigmento magnéticas o magnetizables ópticamente variables, para la producción de elementos de seguridad en forma de marca inducida magnéticamente, por ejemplo, en el campo de los documentos de seguridad. Los revestimientos o capas que comprenden partículas de pigmento magnetizables o magnéticas orientadas se describen, por ejemplo, en los documentos US 2.570.856; US 3.676.273; US 3.791.864; US 5.630.877 y US 5.364.689. Los revestimientos o capas que comprenden partículas de pigmento que cambian de color magnéticas orientadas, que dan como resultado efectos ópticos particularmente atractivos, útiles para la protección de documentos de seguridad, se han descrito en los documentos WO 2002/090002 A2 y WO 2005/002866 A1.

25

Las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en revestimientos permiten la producción de imágenes inducidas magnéticamente, diseños y/o patrones mediante la aplicación de un campo magnético correspondiente, provocando una orientación local de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en el revestimiento no endurecido, seguido del endurecimiento de este último. El resultado es una capa fija inducida magnéticamente, un diseño o un patrón. Los materiales y tecnologías para la orientación de partículas de pigmentos magnéticos o magnetizables en composiciones de revestimiento se han descrito en los documentos US 2.418.479; US 2.570.856; US 3.791.864, DE 2006848-A, US 3.676.273, US 5.364.689, US 6.103.361, EP 0 406 667 B1; US 2002/0160194; US 2004/70062297; US 2004/0009308; EP 0 710 508 A1; WO 2002/09002 A2; WO 2003/000801 A2; WO 2005/002866 A1; WO 2006/061301 A1; estos documentos se incorporan a la presente por referencia. De esta forma, se pueden producir capas inducidas magnéticamente que son altamente resistentes a la falsificación. Las capas inducidas magnéticamente obtenidas de este modo producen un perfil de reflexión angular que es sustancialmente asimétrico con respecto a la normal al sustrato sobre el que se aplican. Esto es inusual y difiere del comportamiento clásico de reflexión/dispersión especular o de Lambert.

40

Las características de seguridad, por ejemplo, para documentos de seguridad, en general, se pueden clasificar en características de seguridad "encubiertas" por un lado, y características de seguridad "abiertas" por otro lado. La protección proporcionada por las características de seguridad encubiertas se basa en el concepto de que dichas características son difíciles de detectar, necesitando habitualmente un equipo especializado y conocimiento para su detección, mientras que las características de seguridad "abiertas" se basan en el concepto de ser fácilmente detectables por los sentidos humanos sin ayuda, por ejemplo, tales características pueden ser visibles y/o detectables a través del sentido táctil mientras siguen siendo difíciles de producir y/o copiar. Las capas inducidas magnéticamente se utilizan típicamente como características de seguridad "abiertas" (o de nivel 1) que deberían permitir la autenticación directa e inequívoca por parte del ser humano sin ningún dispositivo o herramienta externa. Sin embargo, la eficacia de las características de seguridad evidentes depende en gran medida de su fácil reconocimiento como características de seguridad, debido a que la mayoría de los usuarios y, en particular, aquellos que no tienen conocimiento previo de las características de seguridad de un documento o artículo protegido con el mismo, solo entonces realmente realizarán un control de seguridad basado en dichas características de seguridad si tienen conocimiento real de su existencia y naturaleza.

55

Aunque el nivel de seguridad de las capas inducidas magnéticamente es alto en términos de resistencia a la copia, el consumidor medio podría confundirse en cuanto a qué efecto exacto debería observarse para un elemento de seguridad evidente en un producto determinado. En particular, un holograma volteado (baja seguridad, elemento de seguridad de bajo coste) que produce un patrón o logotipo similar puede dar lugar a una mala interpretación de la autenticidad por parte de un consumidor no capacitado, ya que también producirá un patrón de reflexión dependiente del ángulo.

60

Muchos métodos de autenticación que utilizan un dispositivo portátil (de mano), por ejemplo, un teléfono inteligente, han surgido estos últimos años. La mayoría de ellos confían en las capacidades de obtención de imágenes de la cámara del teléfono inteligente para extraer información geométrica o topológica por debajo

65

de la resolución del ojo humano, como la que se describe en el documento WO 0225599 A1, o más allá de la capacidad de los humanos para extraer señales muy cercanas al ruido o para interpretar variaciones débiles en los colores o formas del diseño impreso, como se divulga en el documento WO 2013071960 A1. Estos métodos tienen la ventaja de extraer una información codificada para su identificación, pero requieren, por otro lado, una óptica de aumento o de impresión de alta resolución conectada a la cámara del teléfono inteligente.

Se han desarrollado otros métodos de autenticación aplicables a características impresas de baja resolución que se basan en un análisis colorimétrico de la característica de seguridad, como se divulga en el documento US 2011190920, en función de hologramas, o como el SICPASMART™ divulgado en el documento WO 2015052318 A1, que analiza las propiedades de cambio de color de patrones ópticamente variables medidos durante un desplazamiento azimutal asistido por realidad aumentada del teléfono inteligente alrededor del patrón. Estos métodos se basan en el movimiento de la cámara de un teléfono inteligente con respecto a la marca que es complicado de lograr. Además, dependen de la iluminación de la luz externa y, por lo tanto, son muy sensibles a las condiciones de luz ambiental (por ejemplo, luz solar directa, ambiente oscuro o iluminación altamente desequilibrada cromáticamente).

Se han propuesto otros métodos de autenticación de características que tienen dependencia angular de la intensidad reflejada, como copos orientados al azar, como se describe en los documentos WO 2012 136902 A1 y US 20140224879, características difractivas de microespejo como hologramas o estructuras 3D en relieve, como se describe en los documentos WO 2015193152 A1 o US 2016378061. Estos se basan en dos posiciones angulares de la cámara para capturar dos imágenes que luego se analizan.

Sigue siendo un desafío controlar tanto la cámara del teléfono inteligente como la iluminación de la muestra para obtener mediciones reproducibles de la reflectividad de una característica de seguridad. Las cámaras de los teléfonos inteligentes normalmente utilizan algoritmos de exposición y enfoque automatizados que se adaptan al uso típico de la cámara (por ejemplo, fotografías de paisajes o retratos), pero dichos algoritmos no están adaptados para obtener imágenes de marcas altamente reflectantes con capas inducidas magnéticamente. La iluminación de la característica de seguridad puede provenir de la iluminación ambiental en el interior o en el exterior, que en general es desconocida y difícil de controlar y puede dificultar la detección fiable de las características de seguridad específicas de las capas inducidas magnéticamente, como la reflectividad angular.

En consecuencia, las técnicas de autenticación basadas en teléfonos inteligentes actualmente conocidas tienen una serie de desventajas que incluyen las siguientes: requieren una impresión de alta resolución de estructuras finas; y/o se basan en movimientos complejos de teléfonos inteligentes para revelar un color, y/o no son fiables debido a la información disponible limitada para autenticar con precisión la dependencia angular exacta.

Por lo tanto, se desea proponer al público, y potencialmente también a los inspectores pertinentes, una solución técnica mejorada precisa y fiable que sea robusta contra las perturbaciones de la luz ambiental, que no dependa de la impresión de alta resolución o del movimiento complejo del teléfono inteligente y que evite una posición inclinada o azimutal difícil de controlar y no intuitiva o un movimiento de rotación complejo.

En particular, existe la necesidad de un método y dispositivo de autenticación que pueda distinguir inequívocamente una determinada capa inducida magnéticamente de otra o de otra característica de seguridad abierta producida con otras técnicas y de una imitación basada en otra tecnología que intenta imitar o simular el efecto, pero reproduce la característica de seguridad o la topología del logotipo y tiene cierta dependencia angular de la intensidad reflejada.

Es bien conocido autorizar el acceso de un usuario a un servicio determinado (por ejemplo, a través de un sitio web) a través de una red de comunicación (por ejemplo, Internet o una red local) para permitir que el usuario realice algunas operaciones (por ejemplo, operaciones financieras en una cuenta bancaria del usuario). En general, el usuario tiene que "probar" su identidad mediante el uso de una clave criptográfica y/o una contraseña para realizar una solicitud a una autoridad que gestiona el acceso: solo si la contraseña y/o la clave son correctas, se autoriza el pleno acceso al servicio. Sin embargo, un nivel de confianza con ese tipo de acceso es bastante bajo, ya que la contraseña o la clave pueden ser robadas, o el usuario también puede estar registrado (por ejemplo, en el sitio web o con su autoridad de control) con una identidad falsa. De este modo, es necesario mejorar el nivel de confianza de la credencial de acceso personal.

Por otro lado, es bien conocido el uso de documentos de identidad garantizados emitidos por el gobierno (como tarjetas de identidad o pasaportes) para demostrar la identidad de un titular a un agente de control (por ejemplo, en un mostrador de facturación) y luego obtener acceso a algunos servicios (o a un edificio). En este caso, el agente controlará algunas marcas de seguridad, difíciles de falsificar, proporcionadas en el documento de identidad del titular, posiblemente comprobará una similitud del rostro del titular con datos

biométricos y/o una fotografía de identidad y, luego, es decir, cuando el agente haya adquirido un nivel suficiente de confianza en la identidad de dicho titular, dicho agente permite al titular realizar algunas operaciones autorizadas. Por ejemplo, el documento WO 2014/160582 A1 describe un método, que incluye las etapas de: generar una asociación, en un dispositivo móvil, entre un documento de identidad emitido por el gobierno de un usuario y un modo de pago; recibir, en el dispositivo móvil, una presentación del documento de identidad emitido por el gobierno del usuario para respaldar una solicitud de pago; validar si el documento de identidad presentado por el gobierno es una identificación válida del usuario; y, en respuesta a la validación del documento de identidad emitido por el gobierno presentado, proceder con el pago mediante el método de pago. El documento de identidad emitido por el gobierno puede incluir texto impreso, medios magnéticos y un código de barras.

También es conocido un método de autenticación aplicable a documentos de seguridad, que se describe en el documento US 2007/170248 A1. El método de autenticación mencionado incluye la captura por parte de un lector de una imagen del rostro del titular de la tarjeta. El software de reconocimiento facial procesa la imagen para generar un resumen criptográfico. El mismo lector se utiliza para decodificar la marca de agua digital y/o el código de barras. La marca de agua digital (y/o código de barras) incluye un resumen criptográfico de reconocimiento facial relacionado. Si los resúmenes criptográficos coinciden, la persona y el documento de identificación quedan autenticados.

Un objeto de la invención es eliminar la necesidad de un control de identidad preliminar a través de un agente y permitir que cualquier usuario acceda directamente a los servicios en línea proporcionados por un operador público o privado al tiempo que brinda al operador un alto nivel de confianza con respecto a la verdadera identidad del usuario (y, de este modo, los verdaderos derechos para realizar operaciones).

Por lo tanto, un objetivo de la presente invención es proporcionar un método para autenticar una capa inducida magnéticamente utilizada como característica de seguridad abierta impresa o adherida a un sustrato (como una etiqueta, producto o documento), usando un dispositivo portátil, preferentemente un teléfono inteligente, con el fin de superar las desventajas del estado de la técnica.

Otro objetivo de la presente invención es proporcionar un dispositivo portátil, preferentemente un teléfono inteligente, para autenticar una capa inducida magnéticamente aplicada sobre un sustrato, que es fácil de controlar, que tiene una buena inmunidad a la variabilidad de la luz ambiental y es muy resistente a las imitaciones y fácil de discriminar frente a otras marcas reflectantes dependientes del ángulo.

Otro objetivo de la presente invención es proporcionar un método y un sistema tanto para verificar el contenido de un documento como para autenticar dicho documento marcado con una capa inducida magnéticamente de acuerdo con la invención.

Es un objetivo adicional de la presente invención proporcionar un medio legible por ordenador no transitorio correspondiente que comprende partes de código de ordenador o instrucciones ejecutables por un procesador para hacer que un dispositivo portátil equipado con una fuente de luz y un generador de imágenes realice los métodos de lectura, decodificación y autenticación, como se describe en el presente documento.

El documento US 2015/0014984 A1 divulga una marca de seguridad según el preámbulo de la reivindicación 1.

El documento WO 2019/243033 A1 divulga un dispositivo portátil según el preámbulo de la reivindicación 9.

SUMARIO DE LA INVENCION

De acuerdo con un aspecto, la invención se refiere a una marca de seguridad (100) que comprende:

- un sustrato aplanado (110);

- una capa inducida magnéticamente (120) de un material que comprende partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta reflectantes orientadas magnéticamente, aplicándose la capa inducida magnéticamente (120) sobre el sustrato (110) y comprendiendo una primera zona (120a) en donde dichas partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta reflectantes orientadas magnéticamente tienen sus caras planas orientadas en una primera dirección y una segunda zona (120b), distinta de la primera zona (120a), en donde dichas partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta reflectantes orientadas magnéticamente tienen sus caras planas orientadas en una segunda dirección distinta de la primera dirección, teniendo las partículas en forma de plaqueta en la primera zona (120a) caras planas con un ángulo de elevación γ_1 con respecto a un plano del sustrato (110) y teniendo las partículas en forma de plaqueta en la segunda zona (120b) caras planas con un ángulo de elevación γ_2 con respecto al plano del sustrato (110), estando cada ángulo agudo de las caras planas con respecto al plano del sustrato (110) en un intervalo de aproximadamente 5° a aproximadamente 25°;

- una marca legible por máquina (130) que incluye un patrón de referencia (133) y un patrón de código (134) que representa datos codificados, aplicándose la marca legible por máquina (130), respectivamente, sobre una cara superior (121) de la capa inducida magnéticamente (120) o bien sobre el sustrato (110) entre dicho sustrato y una cara trasera (122) de la capa inducida magnéticamente (120), estando dispuesta una primera
- 5 área (134a) del patrón de código (134) enfrente de la primera zona (120a) y estando dispuesta una segunda área restante (134b) del patrón de código (134) enfrente de la segunda zona (120b).

En la marca de seguridad (100) anterior:

- 10 a) dichas partículas de pigmento pueden comprender:

un metal magnético seleccionado del grupo que consiste en cobalto, hierro, gadolinio y níquel; una aleación magnética de hierro, cromo, manganeso, cobalto, níquel o una mezcla de dos o más de los mismos;

- 15 un óxido magnético de cromo, manganeso, cobalto, hierro, níquel o una mezcla de dos o más de los mismos; o una mezcla de dos o más de los mismos; o

- 20 b) el patrón de código puede ser uno cualquiera de un código de barras unidimensional, un código de barras unidimensional apilado, un código de barras bidimensional y un código de barras tridimensional.

- 25 La primera zona (120a) y la segunda zona (120b) de la capa inducida magnéticamente (120) pueden pertenecer a una misma capa individual de material. Como alternativa, la primera zona (120a) y la segunda zona (120b) de la capa inducida magnéticamente (120) pueden pertenecer respectivamente a una primera subcapa y a una segunda subcapa adyacentes que forman la capa inducida magnéticamente (120) (por "adyacentes", se entiende que las subcapas primera y segunda pueden estar en contacto directo o pueden estar espaciadas).

- 30 En la marca de seguridad anterior (100), la marca legible por máquina (130) se puede aplicar en la cara superior (121) de la capa inducida magnéticamente (120) y se codifica con símbolos oscuros y se puede aplicar una capa de imprimación oscura (140) sobre el sustrato (110), y la cara trasera (122) de la capa inducida magnéticamente (120) se puede aplicar sobre una cara superior (141) de la capa de imprimación oscura (140).

- 35 De acuerdo con otra realización de la marca de seguridad (100), la marca legible por máquina (130) puede aplicarse en la cara superior (121) de la capa inducida magnéticamente (120) y codificarse con símbolos brillantes y una capa de imprimación oscura (140), preferentemente puede aplicarse una imprimación negra sobre el sustrato (110), y la cara trasera (122) de la capa inducida magnéticamente (120) puede aplicarse sobre la cara superior (141) de la capa de imprimación oscura (140).

- 40 En la marca de seguridad anterior (110), la marca legible por máquina (130) puede aplicarse sobre el sustrato (110) y codificarse con símbolos oscuros.

- 45 De acuerdo con otro aspecto, la invención se refiere a un método para leer y decodificar la marca de seguridad (100) anterior con un dispositivo portátil (200) equipado con una fuente de luz (201) operable para suministrar luz de iluminación, un generador de imágenes (202) y un procesador equipado con una memoria y adaptado para realizar operaciones de procesamiento y decodificación de imágenes, que comprende las etapas de:

- 50 - disponer la marca de seguridad (100) y dentro de un campo de visión del generador de imágenes (202);
 - iluminar la marca de seguridad (100) con luz de iluminación suministrada por la fuente de luz (201);
 - adquirir una primera imagen digital de la marca de seguridad (100) con el generador de imágenes (202) en un primer ángulo de visión θ_1 asociado con el primer ángulo de elevación γ_1 y almacenar la primera imagen digital adquirida en la memoria;
- 55 - adquirir una segunda imagen digital de la marca de seguridad (100) con el generador de imágenes (202) en un segundo ángulo de visión θ_2 asociado con el segundo ángulo de elevación γ_2 y almacenar la segunda imagen digital adquirida en la memoria;
- 60 - formar, a través del procesamiento de imágenes con el procesador, una imagen digital compuesta del patrón de código (134) de la primera imagen digital almacenada y la segunda imagen digital almacenada alineándola con respecto al patrón de referencia (133), detectado en la primera imagen digital y la segunda imagen digital, correspondiendo una primera parte del patrón de código (134) a la primera área (134a) del patrón de código detectado en la primera imagen digital y correspondiendo una segunda parte del patrón de código (134) a la segunda área (134b) del patrón de código detectado en la segunda imagen digital y almacenar la imagen digital compuesta obtenida en la memoria;
- 65 - leer y decodificar con el procesador el patrón de código (134) de la imagen digital compuesta almacenada.

La invención también se refiere a un dispositivo portátil (200) para leer y decodificar la marca de seguridad anterior (100), que comprende:

- 5 - una fuente de luz (201) operable para suministrar luz de iluminación;
- un generador de imágenes (202); y
- un procesador equipado con una memoria y adaptado para realizar las etapas del método anterior para leer y decodificar la marca de seguridad (100) en imágenes digitales de dicha marca de seguridad (100) adquiridas por el generador de imágenes (202).

- 10 Otro aspecto de la invención se refiere a un documento de seguridad (150) suministrado por una autoridad a un usuario y que comprende:

- una marca de seguridad (100) de acuerdo con la invención aplicada en el documento de seguridad (150), en donde los datos codificados en el patrón de código (134) de la marca de seguridad (100) contienen datos de identidad digital correspondientes al usuario y una firma digital de dichos datos de identidad digital del usuario, obteniéndose la firma digital suministrada por la autoridad al firmar los datos de identidad digital del usuario con una clave criptográfica.

- 20 Otro aspecto de la invención se refiere a un método para verificar el documento de seguridad anterior (150) de un usuario con el dispositivo portátil mencionado anteriormente (200) equipado, además, con una unidad de comunicación operable para enviar y recibir datos a través de una red de comunicación (CN) para uno o más servidores de la autoridad conectados a una base de datos (DB) que almacena la clave criptográfica y una clave de descifrado correspondiente, comprendiendo dicho método las etapas de:

- 25 - disponer la marca de seguridad (100) dentro de un campo de visión del generador de imágenes (202);
- iluminar la marca de seguridad (100) del documento de seguridad (150) con la fuente de luz (201);
- adquirir una primera imagen digital de la marca de seguridad iluminada (100) con el generador de imágenes (202) en un primer ángulo de visión θ_1 asociado con el primer ángulo de elevación γ_1 y almacenar la primera imagen digital adquirida en la memoria;
- 30 - adquirir una segunda imagen digital de la marca de seguridad iluminada (100) con el generador de imágenes (202) en un segundo ángulo de visión θ_2 asociado con el segundo ángulo de elevación γ_2 y almacenar la segunda imagen digital adquirida en la memoria;
- formar, a través del procesamiento de imágenes con el procesador, una imagen digital compuesta del patrón de código (134) de la primera imagen digital almacenada y la segunda imagen digital almacenada alineándola con respecto al patrón de referencia (133), detectado en la primera imagen digital y la segunda imagen digital, correspondiendo una primera parte del patrón de código (134) a la primera área (134a) del patrón de código detectado en la primera imagen digital y correspondiendo una segunda parte del patrón de código (134) a la segunda área (134b) del patrón de código detectado en la segunda imagen digital;
- 35 - leer y decodificar el patrón de código (134) de la imagen digital compuesta, y extraer de los datos decodificados del patrón de código (134) datos de identidad del usuario y una firma digital de dichos datos de identidad del usuario, mediante operaciones de procesamiento y decodificación de imágenes con el procesador, y almacenar los datos de identidad del usuario extraídos y la firma digital en la memoria;
- 40 - enviar un primer mensaje (M1) que contiene los datos de identidad del usuario extraídos y la firma digital almacenada en la memoria a través de la unidad de comunicación al servidor (S);
- 45 - descifrar en el servidor (S) la firma digital extraída recibida en el primer mensaje (M1) del dispositivo portátil (200) con la clave de descifrado almacenada en la base de datos (DB), y verificar si los datos de identidad del usuario extraídos recibidos en el primer el mensaje (M1) coinciden con la firma digital extraída recibida; y
- en caso de coincidir, enviar de vuelta al dispositivo portátil (200) un mensaje de servidor (SM) que indica una correcta verificación de los datos de identidad del usuario.

- 50 De acuerdo con una variante, el método anterior de verificar el documento de seguridad (150) puede comprender, antes de la etapa de devolver el mensaje del servidor (SM) al dispositivo portátil (200), las etapas preliminares de:

- 55 - iluminar la capa inducida magnéticamente (120) con la fuente de luz (201) y adquirir una pluralidad de imágenes digitales de la capa inducida magnéticamente (120) iluminada con el generador de imágenes (202), estando el generador de imágenes (202) para cada imagen digital diferente en un ángulo de visión θ distinto correspondiente con respecto a dicha capa inducida magnéticamente (120), moviendo el generador de imágenes con respecto a la capa inducida magnéticamente (120) en paralelo al plano del sustrato (110);
- 60 - para cada imagen digital adquirida, calcular, con el procesador, respectivamente, la intensidad I correspondiente de luz reflejada por la capa magnéticamente inducida (120) y recogida por el generador de imágenes (202) en el correspondiente ángulo de visión θ , y almacenar las intensidades calculadas de la luz reflejada y los correspondientes ángulos de visión para obtener una correspondiente curva de intensidad de luz reflejada $I(\theta)$;
- 65 - enviar con la unidad de comunicación un segundo mensaje (M2) al servidor (S) a través de la red de comunicación (CN) que contiene la curva de intensidad de luz reflejada obtenida $I(\theta)$;

- comparar en el servidor (S) la curva de intensidad de luz reflejada $I(\theta)$ recibida en el segundo mensaje (M2) con una curva de intensidad de luz reflejada de referencia $I_{ref}(\theta)$ para dicha capa inducida magnéticamente (120) almacenada en la base de datos (DB);

- 5 - determinar en el servidor (S) si la capa inducida magnéticamente (120) es auténtica en función de un resultado de la comparación y, en caso de que se determine que la capa inducida magnéticamente (120) es auténtica, enviar de vuelta al dispositivo portátil (200) el mensaje del servidor (SM) que indica una correcta verificación de los datos de identidad del usuario junto con una indicación de que la marca de seguridad (120) es auténtica, y enviar mediante el servidor (S) a través de la red de comunicación (CN) un mensaje de autorización del servidor (SAM) a un dispositivo de comunicación del usuario que contiene datos de acceso
- 10 que otorgan al usuario acceso a un servicio. El dispositivo de comunicación del usuario puede ser el propio dispositivo portátil (200).

De acuerdo con una variante alternativa, el método anterior de verificar el documento de seguridad (150) puede comprender, en caso de que el servidor (S) suministre un mensaje de servidor (SM) indicando una

15 correcta verificación de los datos de identidad del usuario, las etapas adicionales de:

- iluminar la capa inducida magnéticamente (120) con la fuente de luz (201) y adquirir una pluralidad de imágenes digitales de la capa inducida magnéticamente (120) iluminada con el generador de imágenes (202), estando el generador de imágenes (202) para cada imagen digital diferente en un ángulo de visión θ distinto

20 correspondiente con respecto a dicha capa inducida magnéticamente (120), moviendo el generador de imágenes (202) con respecto a la capa inducida magnéticamente (120) en paralelo al plano del sustrato (110);

- para cada imagen digital adquirida, calcular, con el procesador, respectivamente, la intensidad I correspondiente de luz reflejada por la capa magnéticamente inducida (120) y recogida por el generador de imágenes (202) en el correspondiente ángulo de visión θ , y determinar con las intensidades calculadas de la luz reflejada y los correspondientes ángulos de visión una correspondiente curva de intensidad de luz reflejada $I(\theta)$;

25

- comparar a través del procesador la curva de intensidad de luz reflejada $I(\theta)$ con una curva de intensidad de luz reflejada de referencia $I_{ref}(\theta)$ para dicha capa inducida magnéticamente (120) almacenada en la memoria;

- 30 - determinar si la capa inducida magnéticamente (120) es auténtica en función de un resultado de la comparación y, en caso de que se determine que la capa inducida magnéticamente (120) es auténtica, enviar al servidor (S), con la unidad de comunicación a través de la red de comunicación (CN), un mensaje (M) que indica que la marca de seguridad (100) es auténtica; y

- 35 - en caso de recibir en el servidor (S) un mensaje (M) del dispositivo portátil indicando que la marca de seguridad (100) es auténtica, enviar de vuelta mediante el servidor (S) a través de la red de comunicación (CN) un mensaje de autorización del servidor (SAM) a un dispositivo de comunicación del usuario que contiene datos de acceso que otorgan al usuario acceso a un servicio. El dispositivo de comunicación del usuario puede ser el propio dispositivo portátil (200).

- 40 Otro aspecto de la invención se refiere a un sistema para verificar un documento de seguridad (150) de acuerdo con la invención suministrado por una autoridad a un usuario, comprendiendo el sistema:

- un servidor (S) de la autoridad conectado a una base de datos (DB) y operable para enviar y recibir datos a través de una red de comunicación (CN);

- 45 - un dispositivo portátil (200) de acuerdo con la invención para leer y decodificar la marca de seguridad (100) de acuerdo con la invención aplicada en el documento de seguridad (150), que comprende:

una fuente de luz (201) operable para suministrar luz de iluminación;

un generador de imágenes (202);

- 50 una unidad de comunicación operable para recibir y enviar datos a través de la red de comunicación (CN) al servidor (S); y

un procesador equipado con una memoria y adaptado para realizar operaciones de procesamiento y decodificación de imágenes para llevar a cabo las etapas del método anterior para leer y decodificar la marca de seguridad (100) en imágenes digitales de dicha marca de seguridad tomadas por el generador de

55 imágenes (202);

- en donde el servidor (S) y el dispositivo portátil (200) están adaptados, además, para llevar a cabo las etapas del método de verificación del documento de seguridad (150) del usuario al:

- 60 - iluminar la marca de seguridad (100) del documento de seguridad (150) con la fuente de luz (201), estando la marca de seguridad (100) dentro de un campo de visión del generador de imágenes (202);

- adquirir una primera imagen digital de la marca de seguridad iluminada (100) con el generador de imágenes (202) en un primer ángulo de visión θ_1 asociado con el primer ángulo de elevación γ_1 y almacenar la primera imagen digital adquirida en la memoria;

- 65 - adquirir una segunda imagen digital de la marca de seguridad iluminada (100) con el generador de imágenes (202) en un segundo ángulo de visión θ_2 asociado con el segundo ángulo de elevación γ_2 y almacenar la segunda imagen digital adquirida en la memoria;

- formar, a través del procesamiento de imágenes con el procesador, una imagen digital compuesta del patrón de código (134) de la primera imagen digital almacenada y la segunda imagen digital almacenada alineándola con respecto al patrón de referencia (133), detectado en la primera imagen digital y la segunda imagen digital, correspondiendo una primera parte del patrón de código (134) a la primera área (134a) del patrón de código (134) detectado en la primera imagen digital y correspondiendo una segunda parte del patrón de código (134) a la segunda zona (134b) del patrón de código (134) detectado en la segunda imagen digital;
 - leer y decodificar el patrón de código (134) de la imagen digital compuesta, y extraer de los datos decodificados del patrón de código (134) datos de identidad del usuario y una firma digital de dichos datos de identidad del usuario, mediante operaciones de procesamiento y decodificación de imágenes con el procesador, y almacenar los datos de identidad del usuario extraídos y la firma digital en la memoria;
 - enviar un primer mensaje (M1) que contiene los datos de identidad del usuario extraídos y la firma digital almacenada en la memoria a través de la unidad de comunicación al servidor (S);
 - descifrar en el servidor (S) la firma digital extraída recibida en el primer mensaje (M1) del dispositivo portátil (200) con la clave de descifrado almacenada en la base de datos (DB), y verificar que los datos de identidad del usuario extraídos recibidos en el primer el mensaje (M1) coinciden con la firma digital extraída recibida; y
 - en caso de coincidir, enviar de vuelta al dispositivo portátil (200) un mensaje de servidor (SM) que indica una correcta verificación de los datos de identidad del usuario.
- Una primera variante del sistema anterior para verificar un documento de seguridad (150) de acuerdo con la invención suministrado por una autoridad a un usuario, en donde el servidor (S) está adaptado, además, para enviar datos a través de la red de comunicación (CN) a un dispositivo de comunicación del usuario; y el servidor (S) y el dispositivo portátil (200) están adaptados, además, para llevar a cabo, antes de la etapa de enviar un mensaje de servidor (SM) al dispositivo portátil, las etapas preliminares de:
- iluminar la capa inducida magnéticamente (120) con la fuente de luz y adquirir una pluralidad de imágenes digitales de la capa inducida magnéticamente iluminada (120) con el generador de imágenes (202), estando el generador de imágenes (202) para cada imagen digital diferente en un ángulo de visión θ distinto correspondiente con respecto a dicha capa inducida magnéticamente (120), moviendo el generador de imágenes (202) con respecto a la capa inducida magnéticamente (120) en paralelo al plano del sustrato (110);
 - para cada imagen digital adquirida, calcular, con el procesador, respectivamente, la intensidad I correspondiente de luz reflejada por la capa magnéticamente inducida (120) y recogida por el generador de imágenes (202) en el correspondiente ángulo de visión θ , y almacenar las intensidades calculadas de la luz reflejada y los correspondientes ángulos de visión para obtener una correspondiente curva de intensidad de luz reflejada $I(\theta)$;
 - enviar con la unidad de comunicación un segundo mensaje (M2) al servidor (S) a través de la red de comunicación (CN) que contiene la curva de intensidad de luz reflejada obtenida $I(\theta)$;
 - comparar en el servidor (S) la curva de intensidad de luz reflejada $I(\theta)$ recibida en el segundo mensaje (M2) con una curva de intensidad de luz reflejada de referencia $I_{ref}(\theta)$ para dicha capa inducida magnéticamente (120) almacenada en la base de datos (DB);
 - determinar en el servidor (S) si la capa inducida magnéticamente (120) es auténtica en función de un resultado de la comparación; y
 - en caso de que la capa inducida magnéticamente (120) se determine como auténtica, enviar de vuelta al dispositivo portátil (200) el mensaje del servidor (SM) que indica una correcta verificación de los datos de identidad del usuario junto con una indicación de que la marca de seguridad (100) es auténtica, y enviar mediante el servidor (S) a través de la red de comunicación (CN) un mensaje de autorización del servidor (SAM) a un dispositivo de comunicación del usuario que contiene datos de acceso que otorgan al usuario acceso a un servicio.
- Una segunda variante del sistema anterior para verificar un documento de seguridad (150) de acuerdo con la invención suministrado por una autoridad a un usuario, en donde el servidor (S) está adaptado, además, para enviar datos a través de la red de comunicación (CN) a un dispositivo de comunicación del usuario; y el servidor (S) y el dispositivo portátil (200) están adaptados, además, para llevar a cabo las etapas de:
- en caso de que el servidor (S) suministre un mensaje de servidor (SM) indicando una correcta verificación de los datos de identidad del usuario, las etapas adicionales de:
 - iluminar la capa inducida magnéticamente (120) con la fuente de luz y adquirir una pluralidad de imágenes digitales de la capa inducida magnéticamente iluminada (120) con el generador de imágenes (202), estando el generador de imágenes (202) para cada imagen digital diferente en un ángulo de visión θ distinto correspondiente con respecto a dicha capa inducida magnéticamente (120), moviendo el generador de imágenes (202) con respecto a la capa inducida magnéticamente (120) en paralelo al plano del sustrato (110);
 - para cada imagen digital adquirida, calcular, con el procesador, respectivamente, la intensidad I correspondiente de luz reflejada por la capa magnéticamente inducida (120) y recogida por el generador de imágenes (202) en el correspondiente ángulo de visión θ , y determinar con las intensidades calculadas de la

luz reflejada y los correspondientes ángulos de visión una correspondiente curva de intensidad de luz reflejada $I(\theta)$;

- comparar a través del procesador la curva de intensidad de luz reflejada $I(\theta)$ con una curva de intensidad de luz reflejada de referencia $I_{ref}(\theta)$ para dicha capa inducida magnéticamente (120) almacenada en la memoria;

5 - determinar si la capa inducida magnéticamente (120) es auténtica en función de un resultado de la comparación y, en caso de que se determine que la capa inducida magnéticamente (120) es auténtica, enviar al servidor (S), con la unidad de comunicación a través de la red de comunicación (CN), un mensaje (M) que indica que la marca de seguridad (100) es auténtica; y

10 - en caso de recibir en el servidor (S) un mensaje (M) del dispositivo portátil (200) que indique que la marca de seguridad (100) es auténtica, enviar de vuelta mediante el servidor (S) a través de la red de comunicación (CN) un mensaje de autorización del servidor (SAM) a un dispositivo de comunicación del usuario que contiene datos de acceso que otorgan al usuario acceso a un servicio.

15 La presente invención se describirá con más detalle a continuación, con referencia a los dibujos adjuntos en los que números similares representan elementos similares en las diferentes figuras y en los que se ilustran aspectos y características relevantes de la invención que no son limitativos.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

20 La **figura 1** ilustra esquemáticamente una partícula de pigmento en forma de plaqueta, con ejes cartesianos (X, Y, Z) unidos a una cara (sustancialmente plana) de la partícula.

25 La **figura 2A** es una ilustración esquemática de una capa inducida magnéticamente (120) de acuerdo con una realización de la invención que comprende dos zonas (120a, 120b) en donde las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta reflectantes orientadas magnéticamente tienen diferentes orientaciones con respecto a un plano de la cara trasera (122) de la capa inducida magnéticamente (120): una primera zona (120a) con partículas de pigmento en forma de plaqueta reflectantes que tienen un primer ángulo de elevación γ_1 y una segunda área (120b) con partículas de pigmento reflectantes en forma de plaqueta que tienen un segundo ángulo de elevación γ_2 .

30 La **figura 2B** ilustra esquemáticamente una sección transversal de la capa inducida magnéticamente (120) de la figura 1 que comprende partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta orientadas magnéticamente dentro de una única capa de un material aplicado sobre un sustrato aplanado (110). La capa inducida magnéticamente (120) comprende dos zonas distintas (120a, 120b) en la capa individual (120) en donde las partículas de pigmento reflectante tienen los ángulos de elevación γ_1 y γ_2 diferentes.

35 La **figura 2C** ilustran esquemáticamente secciones transversales de una capa inducida magnéticamente (120) de acuerdo con una realización de la invención que comprende partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta orientadas magnéticamente en dos capas sobre un sustrato aplanado (110). La capa inducida magnéticamente (120) comprende dos zonas, en donde una primera zona (120a) es una primera capa de un material que comprende partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta reflectantes orientadas magnéticamente que tienen un primer ángulo de elevación γ_1 y una segunda zona (120b) es una segunda capa de un material que comprende partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta reflectantes orientadas magnéticamente que tiene un segundo ángulo de elevación γ_2 , en donde las capas primera y segunda tienen bordes de tope.

40 La **figura 3** ilustra esquemáticamente una vista en perspectiva despiezada de una marca de seguridad (100) de acuerdo con una realización de la invención que comprende un sustrato aplanado (110), teniendo una capa inducida magnéticamente (120) dos zonas (120a) y (120b) con orientaciones distintas de sus partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta reflectantes orientadas magnéticamente, con una cara superior (121) y una cara trasera (122) y una marca legible por máquina (130), con una cara superior (131) y una cara trasera (132), en donde dicha marca legible por máquina (130) se superpone parcialmente a la capa inducida magnéticamente (120).

45 La **figura 4A** ilustra esquemáticamente una sección transversal de una marca de seguridad (100) que comprende un sustrato aplanado (110), una capa inducida magnéticamente (120) con dos zonas aplicadas sobre el sustrato y una marca legible por máquina (130) impresa en la cara superior (121) de la capa inducida magnéticamente, en donde la marca legible por máquina (130) se superpone parcialmente a la capa inducida magnéticamente (120).

50 La **figura 4B** ilustra esquemáticamente una sección transversal de una marca de seguridad (100) que comprende un sustrato aplanado (110), una imprimación oscura (140) con una cara superior (141) y una cara trasera (142), una capa inducida magnéticamente (120) con dos zonas aplicadas sobre el sustrato y una marca legible por máquina (130), en donde dicha imprimación oscura tiene su cara trasera (142) aplicada sobre una cara superior del sustrato (110) y la cara trasera (122) de la capa inducida magnéticamente (120)

se aplica sobre la cara superior (141) de la imprimación oscura, y la marca legible por máquina (130) se superpone parcialmente a la capa inducida magnéticamente (120).

La **figura 4C** ilustra esquemáticamente una sección transversal de una marca de seguridad (100) que comprende un sustrato aplanado (110), una capa inducida magnéticamente (120) y una marca legible por máquina (130), en donde la marca legible por máquina (130) está impresa sobre una cara superior del sustrato (110) y una cara trasera (122) de la capa inducida magnéticamente (120) se aplica sobre la cara superior (131) del material legible por máquina marcado (130), y el marcado legible por máquina (130) se superpone parcialmente a la capa inducida magnéticamente (120).

La **figura 5A** ilustra una vista superior de un ejemplo de código legible por máquina (130) en forma de un pequeño código QR con su patrón de referencia (133) para ubicar el patrón de código (134) durante las operaciones de decodificación, y una primera área por encima de una primera zona (120a) de una capa inducida magnéticamente y una segunda área por encima de una segunda zona (120b) de la capa inducida magnéticamente (mostrada en la figura 3).

La **figura 5B** ilustra una vista superior de un ejemplo de código legible por máquina (130) en forma de un código QR grande con su patrón de referencia (133) para localizar el patrón de código (134) durante las operaciones de decodificación, y una primera zona por encima de una primera zona (120a) de una capa inducida magnéticamente y una segunda zona por encima de una segunda zona (120b) de la capa inducida magnéticamente (que se muestra en la figura 3).

La **figura 5C** ilustra una vista superior de un ejemplo de código legible por máquina (130) en forma de una matriz de datos con su patrón de referencia (133) en forma de L para localizar el patrón de código (134) durante las operaciones de decodificación, y una primera zona (134a) por encima de una primera zona (120a) de una capa inducida magnéticamente y una segunda zona (134b) por encima de una segunda zona (120b) de la capa inducida magnéticamente (mostrada en la figura 2).

Las **figuras 6A-B** ilustran un dispositivo portátil (200) que toma imágenes de una marca de seguridad (100) que comprende la capa inducida magnéticamente (120) con las dos zonas (120a) y (120b) en dos ángulos de visión distintos θ_1 y θ_2 , en donde la iluminación de las zonas primera y segunda (120a) y (120b) se muestra como (210a), respectivamente, (210b) y la luz reflejada de las zonas primera y segunda se muestra como (220a), respectivamente, (220b).

La **figura 7** es un diagrama de flujo esquemático que ilustra un proceso (700) de extracción de datos codificados de la marca legible por máquina (130) de la figura 5A.

Las **figuras 8A-B** ilustran diagramas de flujo de estimación de pose con dos métodos (800a) y (800b) para leer y decodificar la marca de seguridad (100) de acuerdo con la invención con el generador de imágenes del dispositivo portátil.

La **figura 9** ilustra un ejemplo de un documento de seguridad (150) de acuerdo con la invención, es decir, una tarjeta de identidad de un usuario suministrada por una autoridad.

La **figura 10** ilustra un método de verificación del documento de seguridad de la figura 9 de acuerdo con la invención.

La **figura 11** ilustra un sistema para verificar un documento de seguridad de acuerdo con el método ilustrado en la figura 9.

Las **figuras 12A-B** ilustran un proceso para producir una capa inducida magnéticamente (120) sobre un sustrato (110), en donde dicha capa (120) comprende partículas de pigmento magnetizables o magnéticas en forma de plaqueta reflectantes orientadas biaxialmente.

La **figura 13** ilustra un proceso para producir una capa inducida magnéticamente (120) sobre un sustrato (110), en donde dicha capa (120) comprende partículas de pigmento magnetizables o magnéticas en forma de plaqueta reflectantes orientadas monoaxialmente.

Las **figuras 14A-D** muestra imágenes fotográficas de la marca de seguridad (100) en donde las capas inducidas magnéticamente (120) se obtienen utilizando el método y el dispositivo que se muestran en las figuras 12-13.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

Las siguientes definiciones han de usarse para interpretar el significado de los términos expuestos en la descripción y mencionados en las reivindicaciones.

Como se utiliza en el presente documento, la expresión "al menos" significa que se define uno o más de uno, por ejemplo, uno o dos o tres.

- 5 Como se utiliza en el presente documento, el término "aproximadamente" significa que la cantidad o valor en cuestión puede ser el valor específico designado o algún otro valor en su proximidad. En general, el término "aproximadamente" indicando un cierto valor se pretende que indique un intervalo dentro de $\pm 5\%$ del valor. Como ejemplo, la expresión "aproximadamente 100" indica un intervalo de 100 ± 5 , es decir el intervalo desde 95 a 105. En general, cuando se usa el término "aproximadamente", puede esperarse que puedan
10 obtenerse resultados o efectos similares de acuerdo con la invención dentro de un intervalo de $\pm 5\%$ del valor indicado.

- Como se utiliza en el presente documento, el término "y/o" significa que pueden estar presentes o bien todos o bien solamente uno de los elementos de dicho grupo. Por ejemplo, "A y/o B" debe significar "solo A, o solo B, o tanto A como B". En el caso de "solamente A", el término también cubre la posibilidad de que B esté ausente, es decir "solamente A, pero no B".
15

- Los términos "comprendiendo" y "conteniendo" tal como se usan en el presente documento se pretende que sean no exclusivos y de final abierto. De este modo, por ejemplo, una mezcla que comprende/contiene un compuesto A puede incluir otros compuestos además de A. Sin embargo, los términos "que comprende" y "que contiene" también cubren, como una realización específica del mismo, los significados más restrictivos de "consistiendo esencialmente en" y "consistiendo en", de tal manera que, por ejemplo, "una mezcla que comprende A, B y opcionalmente C" puede consistir también (esencialmente) en A y en B o (esencialmente) consistir en A, B y C.
20

- 25 La marca de seguridad (100) descrita en el presente documento comprende un sustrato aplanado (110) que se selecciona preferentemente del grupo que consiste en papeles u otros materiales fibrosos (incluidos materiales fibrosos tejidos y no tejidos), tales como celulosa, materiales que contienen papel, vidrios, metales, cerámica, plásticos y polímeros, plásticos o polímeros metalizados, materiales compuestos y mezclas o combinaciones de dos o más de los mismos. El papel habitual, similar a papel u otros materiales fibrosos se fabrican a partir de una diversidad de fibras que incluyen, sin limitación, abacá, algodón, lino, pulpa de madera y mezclas de los mismos. Sin embargo, de acuerdo con una realización diferente, el sustrato (110) puede estar basado en plásticos y polímeros, plásticos o polímeros metalizados, materiales compuestos y mezclas o combinaciones de dos o más de los mismos. Los ejemplos adecuados de plásticos y polímeros incluyen poliolefinas, tales como polietileno (PE) y polipropileno (PP), incluyendo polipropileno orientado biaxialmente (BOPP), poliamidas, poliésteres tales como poli(etileno tereftalato) (PET), poli(1,4-butileno tereftalato) (PBT), poli(etileno 2,6-naftoato) (PEN) y cloruro de polivinilo (PVC). Las fibras de olefina de tela no tejida Spunbond, tales como las vendidas bajo la marca comercial Tyvek® pueden usarse también como sustrato. Los ejemplos normales de plásticos o polímeros metalizados incluyen los materiales plásticos o polímeros descritos anteriormente en el presente documento que tienen un metal dispuesto de manera continua o discontinua sobre su superficie. Los ejemplos normales de metales incluyen, sin limitación, aluminio (Al), cromo (Cr), cobre (Cu), oro (Au), plata (Ag), aleaciones de los mismos y combinaciones de dos o más de los metales mencionados anteriormente. La metalización de los materiales plásticos o polímeros descritos anteriormente en el presente documento puede realizarse mediante un proceso de electrodeposición, un proceso de revestimiento en alto vacío o mediante un proceso de pulverización. Los ejemplos normales de materiales compuestos incluyen, sin limitación, estructuras o laminados de papel multicapa y al menos un material plástico o polímero tal como los descritos anteriormente en el presente documento, así como fibras de plástico y/o de polímero incorporadas en un material similar a papel o fibroso, tal como los descritos anteriormente en el presente documento. Por supuesto, el sustrato puede comprender aditivos adicionales que conocen los expertos en la materia, tales como rellenos, agentes encolantes, blanqueantes, ayudas al procesamiento, agentes de refuerzo o de endurecimiento húmedo, etc.
30
35
40
45
50

- De acuerdo con una realización de la invención, la marca de seguridad (100), por ejemplo, como se ilustra en la figura 2, comprende una capa inducida magnéticamente (120) hecha de un material que comprende una pluralidad de partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta reflectantes orientadas magnéticamente descritas, en donde dichas partículas de pigmento están fijadas o congeladas (fijadas/congeladas) en posición y orientación dentro del material.
55

- Como se muestra en la figura 1 y en contraposición con las partículas de pigmento en forma de aguja que pueden considerarse partículas unidimensionales, las partículas de pigmento en forma de plaqueta son partículas casi bidimensionales debido a la gran relación de aspecto de sus dimensiones. Una partícula de pigmento en forma de plaqueta se puede considerar como una estructura bidimensional en donde las dimensiones a lo largo de los ejes X e Y son sustancialmente mayores que las dimensiones a lo largo del eje Z (es decir, el grosor). Las partículas de pigmento en forma de plaqueta también se denominan en la técnica partículas achatadas o escamas.
60

- 65 Las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta reflectantes orientadas, por su

forma plana, tienen reflectividad no isotrópica. Como se utiliza en el presente documento, la expresión "reflectividad no isotrópica" indica que la proporción de radiación incidente desde un primer ángulo que se refleja por una partícula en una cierta dirección (visión) (un segundo ángulo) es función de la orientación de las partículas, es decir, que un cambio de orientación de la partícula con respecto al primer ángulo puede conducir a una magnitud diferente de la reflexión hacia la dirección de visión. Preferentemente, las partículas de pigmento magnetizables o magnéticas en forma de plaqueta reflectantes descritas en el presente documento tienen una reflectividad no isotrópica con respecto a la radiación electromagnética incidente en algunas partes o en el intervalo de longitud de onda completo de aproximadamente 400 a aproximadamente 1000 nm (es decir, desde la longitud de onda visible a la NIR), más preferentemente de aproximadamente 400 a aproximadamente 700 nm (es decir, intervalo visible), de modo que un cambio de orientación de la partícula dé como resultado un cambio de reflexión de esa partícula en una determinada dirección. De este modo, incluso si la reflectividad intrínseca por unidad de superficie (por ejemplo, por μm^2) es uniforme en toda la superficie de la partícula en forma de plaqueta, por su forma, la reflectividad de la partícula no es isotrópica ya que el área visible de la partícula depende de la dirección desde la que se mira. Tal y como conoce el experto en la materia, las partículas de pigmento magnetizables o magnéticas en forma de plaqueta reflectantes descritas en el presente documento son diferentes de los pigmentos convencionales, porque dichas partículas de pigmento convencionales exhiben el mismo color y reflectividad, con independencia de la orientación de las partículas, mientras que las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables descritas en el presente documento exhiben un reflejo o un color, o ambos, que dependen de la orientación de las partículas dentro del material de la capa. Las partículas de pigmento en forma de plaqueta, originalmente distribuidas al azar dentro de la capa de material, se han orientado mediante la aplicación de un campo magnético fuerte (uniforme) a través de la capa y luego se han fijado/congelado en su posición mediante un endurecimiento posterior del material de la capa. Las partículas de pigmento en forma de plaqueta tienen entonces sus caras planas orientadas preferentemente en la dirección (monoaxial) del campo magnético aplicado según una distribución estadística con un pico agudo (por ejemplo, como un gaussiano). Las partículas de pigmento están orientadas estadísticamente de este modo y tienen sus caras planas con un ángulo de elevación correspondiente con respecto a un plano de la capa. Un ángulo entre dos planos es, por definición, el ángulo entre los vectores normales a los planos respectivos, también es el ángulo entre dos líneas rectas de los respectivos paneles que son perpendiculares a la línea (recta) en la intersección de los dos planos. Aquí, la línea recta a lo largo de la cara plana de una partícula de pigmento orientada está (sustancialmente, según la distribución estadística) alineada con la dirección de orientación de dicha partícula de pigmento. Un ancho completo a la mitad del máximo (FWHM) de esta distribución estadística permite estimar una desviación estándar correspondiente para las orientaciones de las caras planas con respecto a la dirección de las líneas del campo magnético. De este modo, la dirección normal a una cara de una partícula de pigmento en forma de plaqueta orientada (monoaxialmente) puede tener un ángulo de inclinación alrededor de la dirección de orientación monoaxial que en la práctica es menor de 30° . Para tener una mejor orientación relativa de las caras de las diferentes partículas de pigmento (es decir, para reducir el ángulo de inclinación y, por lo tanto, tener un mejor paralelismo relativo de las caras), se aplica un segundo campo magnético (antes del endurecimiento) con sus líneas de campo orientadas en una segunda dirección (por ejemplo, a lo largo del eje Y que se muestra en la figura 1): con tal orientación biaxial de las caras de las partículas de pigmento, la desviación estándar mencionada anteriormente se reduce considerablemente y las caras de las partículas de pigmento son (estadísticamente) paralelas entre sí mientras siguen orientadas en una dirección dada correspondiente al ángulo de elevación. En las realizaciones preferentes de la invención, se utiliza una capa biaxial inducida magnéticamente, en donde las caras de las partículas de pigmento en cada zona de la capa inducida magnéticamente están orientadas biaxialmente.

Los ejemplos adecuados de partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta incluyen sin limitación partículas de pigmento que comprenden un metal magnético seleccionado de entre el grupo que consiste en cobalto (Co), hierro (Fe) y níquel (Ni); una aleación magnética de hierro, manganeso, cobalto, níquel o una mezcla de dos o más de los mismos; un óxido magnético de cromo, manganeso, cobalto, hierro, níquel o una mezcla de dos o más de los mismos; o una mezcla de dos o más de los mismos. El término "magnético" haciendo referencia a los metales, aleaciones y óxidos se dirige a metales ferromagnéticos o ferrimagnéticos, aleaciones y óxidos. Los óxidos magnéticos de cromo, manganeso, cobalto, hierro, níquel o una mezcla de dos o más de los mismos pueden ser óxidos puros o mezclados. Los ejemplos de óxidos magnéticos incluyen, sin limitación, óxidos de hierro tales como hematita (Fe_2O_3), magnetita (Fe_3O_4), dióxido de cromo (CrO_2), ferritas magnéticas (MFe_2O_4), espinelas magnéticas (MR_2O_4), hexaferritas magnéticas ($\text{MFe}_{12}\text{O}_{19}$), ortoferritas magnéticas (RFeO_3), granates magnéticos $\text{M}_3\text{R}_2(\text{AO}_4)_3$, en donde M indica metal bivalente, R indica metal trivalente y A indica metal tetravalente.

Otros ejemplos de partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta incluyen, sin limitación, partículas de pigmento que comprenden una capa magnética M hecha de uno o más de un metal magnético como cobalto (Co), hierro (Fe) o níquel (Ni); y una aleación magnética de hierro, cobalto o níquel, en donde dichas partículas de pigmento magnéticas o magnetizables pueden ser estructuras multicapa que comprenden una o más capas adicionales. Preferentemente, dichas una o más capas adicionales son capas A fabricadas independientemente de uno o más seleccionados de entre el grupo que consiste en fluoruros

metálicos tales como fluoruro de magnesio (MgF₂), óxido de silicio (SiO), dióxido de silicio (SiO₂), óxido de titanio (TiO₂) y óxido de aluminio (Al₂O₃), más preferentemente dióxido de silicio (SiO₂); o capas B fabricadas independientemente de uno o más seleccionados de entre el grupo que consiste en metales y aleaciones metálicas, preferentemente seleccionados de entre el grupo que consiste en metales reflectores y aleaciones metálicas reflectoras y más preferentemente seleccionadas entre el grupo que consiste en aluminio (Al), cromo (Cr) y níquel (Ni) y aún más preferentemente aluminio (Al); o una combinación de una o más capas A tal como las descritas anteriormente y una o más capas B tal como las descritas anteriormente. Los ejemplos típicos de partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta que son de estructuras multicapa descritas anteriormente incluyen sin limitación estructuras multicapa A/M, estructuras multicapa A/M/A, estructuras multicapa A/M/B, estructuras multicapa A/B/M/A, estructuras multicapa A/B/M/B, estructuras multicapa A/B/M/B/A, estructuras multicapa B/M, estructuras multicapa B/M/B, estructuras multicapa B/A/M/A, estructuras multicapa B/A/M/B, estructuras multicapa B/A/M/B/A, en donde las capas A, las capas magnéticas M y las capas B se eligen de entre las descritas anteriormente.

De acuerdo con una realización, al menos una parte de las partículas magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta preferidas están constituidas por partículas de pigmento magnéticas o magnetizables ópticamente variables en forma de plaqueta. Los pigmentos ópticamente variables se refieren a los pigmentos que presentan un cambio de luminosidad o una combinación de un cambio de luminosidad y un cambio de tono. De acuerdo con una realización, al menos una parte de las partículas magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta están constituidas por partículas que presentan un color metálico, más preferentemente un color plateado o un color dorado.

Preferentemente, las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta se seleccionan del grupo que consiste en partículas de pigmento de interferencia de película delgada magnética, partículas de pigmento de cristal líquido colestérico magnético, partículas de pigmento de interferencia recubiertas que comprenden un material magnético y mezclas de dos o más de los mismos.

Las partículas de pigmento magnéticas de interferencia de película delgada se conocen por los expertos en la materia y se divulgan, por ejemplo, en los documentos US 4.838.648; WO 2002/073250 A2; EP 0 686 675 B1; WO 2003/000801 A2; US 6.838.166; WO 2007/131833 A1; EP 2 402 401 B1; WO 2019/103937 A1; WO 2020/006286 A1 y en los documentos citados en el presente documento. Preferentemente, las partículas de pigmento de interferencia de película fina magnética comprenden partículas de pigmento que tienen una estructura multicapa Fabry-Perot de cinco capas y/o partículas de pigmento que tienen una estructura multicapa Fabry-Perot de seis capas y/o partículas de pigmento que tienen una estructura multicapa Fabry-Perot de siete capas y/o partículas de pigmento que tienen una estructura multicapa que combina una o más estructuras Fabry-Perot multicapa.

Las estructuras multicapa Fabry-Perot de cinco capas preferidas consisten en estructuras multicapa de absorbente/dieléctrico/reflector/dieléctrico/absorbente en donde el reflector y/o el absorbente es también una capa magnética, preferentemente el reflector y/o el absorbente es una capa magnética que comprende níquel, hierro y/o cobalto y/o una aleación magnética que comprende níquel, hierro y/o cobalto y/o un óxido magnético que comprende níquel (Ni), hierro (Fe) y/o cobalto (Co).

Las estructuras multicapa Fabry-Perot de seis capas preferidas consisten en: estructuras multicapa absorbedor/dieléctrico/reflector/magnético/dieléctrico/absorbente.

Las estructuras multicapa de Fabry Perot de siete capas preferidas consisten en: estructuras multicapa absorbedor/dieléctrico/reflector/magnético/reflector/dieléctrico/absorbente tales como las descritas en el documento US 4.838.648.

Las partículas de pigmento preferidas que tienen una estructura multicapa que combina una o más estructuras de Fabry-Perot son las descritas en el documento WO 2019/103937 A1 y consisten en combinaciones de al menos dos estructuras de Fabry-Perot, comprendiendo dichas dos estructuras de Fabry-Perot independientemente una capa reflectora, una capa dieléctrica y una capa absorbidora, en donde la capa reflectora y/o absorbidora pueden comprender cada una independientemente uno o más materiales magnéticos y/o en donde una capa magnética está intercalada entre las dos estructuras. Los documentos WO 2020/006286 A1 y EP 3 587 500 A1 divulgan partículas de pigmento preferidas adicionales que tienen una estructura multicapa.

Preferentemente, las capas reflectoras descritas en el presente documento se fabrican independientemente de uno o más seleccionados de entre el grupo que consiste en metales y aleaciones metálicas, seleccionados preferentemente de entre el grupo que consiste en metales reflectores y aleaciones metálicas reflectoras, más preferentemente seleccionados de entre el grupo que consiste en aluminio (Al), plata (Ag), cobre (Cu), oro (Au), platino (Pt), estaño (Sn), titanio (Ti), paladio (Pd), rodio (Rh), niobio (Nb), cromo (Cr), níquel (Ni) y aleaciones de los mismos, incluso más preferentemente seleccionados de entre el grupo que consiste en aluminio (Al), cromo (Cr), níquel (Ni) y aleaciones de los mismos y más preferentemente aluminio (Al).

Preferentemente, las capas dieléctricas se fabrican independientemente de uno o más seleccionados de entre el grupo que consiste en fluoruros metálicos tales como fluoruro de magnesio (MgF_2), fluoruro de aluminio (AlF_3), fluoruro de cerio (CeF_3), fluoruro de lantano (LaF_3), fluoruros de sodio y aluminio (por ejemplo, Na_3AlF_6), fluoruro de neodimio (NdF_3), fluoruro de samario (SmF_3), fluoruro de bario (BaF_2), fluoruro de calcio (CaF_2), fluoruro de litio (LiF) y óxidos metálicos tales como óxido de silicio (SiO), dióxido de silicio (SiO_2), óxido de titanio (TiO_2), óxido de aluminio (Al_2O_3), más preferentemente seleccionado del grupo que consiste en fluoruro de magnesio (MgF_2) y dióxido de silicio (SiO_2) y, aún más preferentemente, fluoruro de magnesio (MgF_2). Preferentemente, las capas absorbentes se fabrican independientemente de uno o más seleccionados de entre el grupo que consiste en aluminio (Al), plata (Ag), cobre (Cu), paladio (Pd), platino (Pt), titanio (Ti), vanadio (V), hierro (Fe), estaño (Sn), tungsteno (W), molibdeno (Mo), rodio (Rh), niobio (Nb), cromo (Cr), níquel (Ni), óxidos metálicos de los mismos, sulfuros metálicos de los mismos, carburos metálicos de los mismos y aleaciones metálicas de los mismos, más preferentemente seleccionadas de entre un grupo que consiste en cromo (Cr), níquel (Ni), óxidos metálicos de los mismos y aleaciones metálicas de los mismos y aún más preferentemente seleccionados de entre el grupo que consiste en cromo (Cr), níquel (Ni) y aleaciones metálicas de los mismos. Preferentemente, la capa magnética comprende níquel (Ni), hierro (Fe) y/o cobalto (Co); y/o una aleación magnética que comprende níquel (Ni), hierro (Fe) y/o cobalto (Co); y/o un óxido magnético que comprende níquel (Ni), hierro (Fe) y/o cobalto (Co).

Cuando se prefieren partículas de pigmento magnéticas de interferencia de película delgada que comprenden una estructura Fabry-Perot de siete capas, es especialmente preferido que las partículas de pigmento magnéticas de interferencia de película delgada comprendan una estructura multicapa de Fabry-Perot de siete capas de absorbente/dieléctrico/reflector/magnético/reflector/dieléctrico/absorbente consistente en una estructura multicapa Cr/ MgF_2 /Al/M/Al/ MgF_2 /Cr.

Las partículas de pigmento magnéticas de interferencia de película delgada descritas en el presente documento pueden ser partículas de pigmento multicapa que se consideran como seguras para la salud humana y el ambiente y que se basan por ejemplo, en las estructuras multicapa Fabry-Perot de cinco capas, estructuras multicapa Fabry-Perot de seis capas y estructuras multicapa Fabry-Perot de siete capas, en donde dichas partículas de pigmento incluyen una o más capas magnéticas que comprenden una aleación magnética que tiene una composición sustancialmente libre de níquel que incluye aproximadamente del 40 % en peso a aproximadamente el 90 % en peso de hierro, aproximadamente del 10 % en peso a aproximadamente el 50 % en peso de cromo y de aproximadamente el 0 % en peso a aproximadamente el 30 % en peso de aluminio. Los ejemplos típicos de partículas de pigmento multicapa que se consideran como seguras para la salud humana y el ambiente pueden encontrarse en el documento EP 2 402 401 B1, contenido que se incorpora por la presente por referencia en su totalidad.

Las partículas de pigmento magnéticas de cristal líquido colestérico adecuadas que presentan características ópticamente variables incluyen sin limitación partículas de pigmento magnéticas de cristal líquido colestérico monocapa y partículas de pigmento magnéticas de cristal líquido colestérico multicapa. Dichas partículas de pigmento se divulgan, por ejemplo, en los documentos WO 2006/063926 A1, US 6.582.781 y US 6.531.221. El documento WO 2006/063926 A1 divulga monocapas y partículas de pigmento obtenidas a partir de las mismas con propiedades de alto brillo y desviación de color con propiedades particulares adicionales tales como capacidad magnética. Las monocapas y partículas de pigmento divulgadas, que se obtienen a partir de las mismas mediante desmenuzamiento de dichas monocapas, incluyen una mezcla de cristal líquido colestérico reticulado tridimensionalmente y nanopartículas magnéticas. Los documentos US 6.582.781 y US 6.410.130 describen partículas de pigmento multicapa colestéricas en forma de plaqueta que comprenden la secuencia A1/B/A2, en donde A1 y A2 pueden ser idénticas o diferentes y cada una comprende al menos una capa colestérica y B es una capa intermedia absorbente de toda o parte de la luz transmitida por las capas A1 y A2 y que imparte propiedades magnéticas a dicha capa intermedia. El documento US 6.531.221 divulga partículas de pigmento multicapa colestérica en forma de plaqueta que comprenden la secuencia A/B y opcionalmente C, en donde A y C son capas absorbentes que comprenden partículas de pigmento que imparten propiedades magnéticas y B es una capa colestérica.

Las partículas de pigmentos de interferencia recubiertos adecuados que comprenden uno o más materiales magnéticos incluyen sin limitación estructuras que consisten en un sustrato seleccionado de entre el grupo que consiste en un núcleo recubierto con una o más capas, en donde al menos uno de entre el núcleo o dicha una o más capas tienen propiedades magnéticas. Por ejemplo, las partículas de pigmentos de interferencia recubiertos adecuados comprenden un núcleo fabricado con material magnético tal como el descrito anteriormente en el presente documento, estando recubierto dicho núcleo con una o más capas fabricadas de uno o más óxidos metálicos o tienen una estructura que consiste en un núcleo fabricado con micas sintéticas o naturales, silicatos en capa (por ejemplo, talco, caolina y sericita), vidrios (por ejemplo, borosilicato), dióxidos de silicio (SiO_2), óxidos de aluminio (Al_2O_3), óxidos de titanio (TiO_2), grafitos y mezclas de dos o más de los mismos. Asimismo, pueden estar presentes una o más capas adicionales tales como capas colorantes.

Las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta descritas en el presente

documento tienen preferentemente un tamaño d50 entre aproximadamente 2 µm y aproximadamente 50 µm (medido por granulometría óptica directa).

5 Las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta descritas en el presente documento pueden tratarse en la superficie para protegerlas contra cualquier deterioro que pueda ocurrir en la composición de revestimiento y la capa de revestimiento y/o para facilitar su incorporación en dicha composición de revestimiento y capa de revestimiento; normalmente pueden usarse materiales inhibidores de la corrosión y/o agentes humectantes.

10 La capa inducida magnéticamente (120) descrita en el presente documento se prepara mediante un proceso que comprende las etapas de a) aplicar una composición de revestimiento que comprende las partículas de pigmento magnetizables o magnéticas en forma de plaqueta reflectantes descritas en el presente documento; b) exponer la composición de revestimiento al campo magnético de un dispositivo de generación de campo magnético, orientando así al menos una parte de las partículas de pigmento magnético o magnetizables en
15 forma de plaqueta reflectantes, y c) endureciendo la composición de revestimiento para fijar las partículas de pigmento magnetizables o magnéticas en forma de plaqueta reflectantes en sus posiciones y orientaciones adoptadas.

20 Preferentemente, la composición de revestimiento descrita en el presente documento comprende las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta reflectantes descritas en el presente documento dispersas en un material aglutinante, en donde dichas partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta reflectantes están presentes en una cantidad de aproximadamente 2 % en peso a aproximadamente 40 % en peso, más preferentemente de aproximadamente 4 % en peso a aproximadamente 30 % en peso, los porcentajes en peso se basan en el
25 peso total de la composición de revestimiento que comprende el material aglutinante, las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta reflectantes y otros componentes opcionales de la composición de revestimiento. La composición de revestimiento descrita en el presente documento puede comprender además uno o más componentes colorantes seleccionados del grupo que consiste en partículas de pigmento orgánico, partículas de pigmento inorgánicas y tintes orgánicos y/o uno o más aditivos. Estos
30 últimos incluyen, entre otros, compuestos y materiales que se usan para ajustar parámetros físicos, reológicos y químicos de la composición de revestimiento tal como la viscosidad (por ejemplo, disolventes, espesantes y tensioactivos), la consistencia (por ejemplo, agentes antidecantación, rellenos y plastificantes), las propiedades espumantes (por ejemplo, agentes antiespuma), las propiedades lubricantes (ceras, aceites), estabilidad UV (fotoestabilizadores), las propiedades de adherencia, las propiedades antiestáticas, la
35 estabilidad en almacenamiento (inhibidores de la polimerización), etc. Los aditivos descritos en el presente documento pueden estar presentes en la composición de revestimiento en cantidades y formas conocidas en la técnica, incluidos los llamados nanomateriales donde al menos una de las dimensiones del aditivo está en el intervalo de 1 a 1000 nm.

40 La etapa de aplicación a) descrita en el párrafo anterior se realiza mediante un proceso de impresión seleccionado preferentemente del grupo que consiste en serigrafía, huecogrado y flexografía. Estos procesos son bien conocidos por los expertos y se describen, por ejemplo, en Printing Technology, J. M. Adams and P. A. Dolin, Delmar Thomson Learning, 5ª edición, págs. 293, 332 y 352. Si bien la composición de revestimiento que comprende las partículas de pigmento magnetizables o magnéticas en forma de
45 plaqueta reflectante descritas en el presente documento todavía está lo suficientemente húmeda o blanda para que dichas partículas de pigmento se puedan mover y rotar (es decir, mientras la composición de revestimiento se encuentra en un primer estado), la composición de revestimiento se somete a un campo magnético para lograr la orientación de las partículas. La etapa de orientar magnéticamente las partículas de pigmento magnético o magnetizables en forma de plaqueta reflectantes comprende una etapa de exponer la
50 composición de revestimiento aplicada, mientras está "húmeda" (es decir, todavía líquida y no demasiado viscosa), a un determinado campo magnético generado por el dispositivo de generación de campo magnético, orientando así las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta reflectantes a lo largo de las líneas de campo del campo magnético para formar un patrón de orientación. Posteriormente a, de forma parcialmente simultánea o simultáneamente con la aplicación de la composición
55 de revestimiento, las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta reflectantes se orientan mediante el uso de un campo magnético externo para orientarlas de acuerdo con un patrón de orientación deseado. El patrón de orientación obtenido de este modo puede ser cualquier patrón excepto una orientación aleatoria y excepto un patrón en donde las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta reflectantes tienen su eje magnético orientado para ser paralelo o perpendicular a la capa
60 (120).

Los procesos para producir la capa inducida magnéticamente (120) descritos en el presente documento comprenden, de forma parcialmente simultánea con la etapa b) o después de la etapa b), una etapa c) de endurecimiento de la composición de revestimiento para fijar las partículas de pigmento magnéticas o
65 magnetizables en forma de plaqueta parcialmente reflectantes en sus posiciones y orientaciones adoptadas en un patrón deseado para formar la capa inducida magnéticamente, transformando así la composición de

revestimiento a un segundo estado. Mediante esta fijación, se forma una capa o revestimiento sólido. El término "endurecimiento" se refiere a procesos que incluyen el secado o solidificación, reaccionar, curar, reticular o polimerizar los componentes aglutinantes en la composición de revestimiento aplicada, incluyendo un agente de reticulación opcionalmente presente, un iniciador de polimerización opcionalmente presente y opcionalmente presentes aditivos adicionales, de modo que un material esencialmente sólido se adhiera a la superficie sobre la que se forma. Como se ha mencionado en el presente documento, la etapa de endurecimiento c) se puede realizar usando diferentes medios o procesos dependiendo de los materiales comprendidos en la composición de revestimiento que también comprende las partículas de pigmento magnetizables o magnéticas en forma de plaqueta reflectantes. La etapa de endurecimiento generalmente puede ser cualquier etapa que aumente la viscosidad de la composición de revestimiento de modo que se forme un material sustancialmente sólido que se adhiera a la superficie de soporte. La etapa de endurecimiento puede implicar un proceso físico basado en la evaporación de un componente volátil, como un disolvente y/o evaporación de agua (es decir, secado físico). En el presente documento, se puede usar aire caliente, infrarrojos o una combinación de aire caliente e infrarrojos. Como alternativa, el proceso de endurecimiento puede incluir una reacción química, como un curado, polimerización o reticulación del aglutinante y compuestos iniciadores opcionales y/o compuestos de reticulación opcionales comprendidos en la composición de revestimiento. Dicha reacción química puede iniciarse mediante calor o irradiación IR como se describe anteriormente para los procesos de endurecimiento físico, pero puede incluir preferentemente el inicio de una reacción química mediante un mecanismo de radiación que incluye, sin limitación, curado por radiación de luz ultravioleta-visible (en lo sucesivo, curado por UV-Vis) y curado por radiación de haz electrónico (curado por haz E); oxipolimerización (reticulación oxidativa, inducida típicamente por una acción conjunta de oxígeno y uno o más catalizadores seleccionados preferentemente del grupo que consiste en catalizadores que contienen cobalto, catalizadores que contienen vanadio, catalizadores que contienen circonio, catalizadores que contienen bismuto y catalizadores que contienen manganeso); reacciones de reticulación o cualquier combinación de las mismas. Se prefiere particularmente el curado por radiación, y el curado por radiación de luz UV-Vis es incluso más preferido, dado que estas tecnologías conducen ventajosamente a procesos de curado muy rápidos y, por lo tanto, reducen drásticamente el tiempo de preparación de cualquier documento que comprenda las capas inducidas magnéticamente descritas en el presente documento. Además, el curado por radiación tiene la ventaja de producir un aumento casi instantáneo de la viscosidad de la composición de revestimiento después de la exposición a la radiación de curado, minimizando de este modo cualquier movimiento adicional de las partículas. Como consecuencia, puede evitarse esencialmente cualquier pérdida de información después de la etapa de orientación magnética. Especialmente preferido es el curado por radiación mediante fotopolimerización, bajo la influencia de luz actínica que tiene un componente de longitud de onda en el espectro electromagnético UV-Vis. El equipo para el curado UV-visible puede comprender un láser continuo o pulsado (por ejemplo, GaN), una lámpara de diodo emisor de luz (LED) de alta potencia, o una lámpara de descarga de arco, como un arco de mercurio de presión media (MPMA) o una lámpara de arco de vapor de metal, como fuente de radiación actínica.

Si una imprimación (140), preferentemente, una imprimación oscura y más preferentemente una imprimación negra, está presente entre el sustrato (110) y la capa inducida magnéticamente (120), se lleva a cabo una etapa de aplicación y endurecimiento de una composición de imprimación antes de la preparación de dicha capa inducida magnéticamente (120). La composición de imprimación descrita en el presente documento se puede aplicar mediante una gran variedad de procesos de revestimiento, preferentemente seleccionados del grupo que consiste en procesos de impresión de chorro de tinta, procesos de impresión offset, procesos de impresión flexográfica, procesos de impresión de huecogrado, procesos de impresión por serigrafía, procesos de tampografía y procesos de revestimiento con rodillo.

Las capas inducidas magnéticamente (120) descritas en el presente documento comprenden (al menos) dos zonas (véase la figura 2A), una primera zona (120a) que comprende partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta reflectantes orientadas magnéticamente que tienen sus caras planas orientadas en una primera dirección y que tienen un primer ángulo de elevación γ_1 con respecto al sustrato (110), correspondiente al ángulo entre dichas caras planas y el plano del sustrato (110), y una segunda zona (120b), distinta de la primera zona (120a), que comprende partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta reflectantes orientadas magnéticamente que tienen sus caras planas orientadas en una segunda dirección distinta de la primera dirección y que tienen un segundo ángulo de elevación γ_2 con respecto al sustrato (110), correspondiente al ángulo entre dichas caras planas y el plano del sustrato (110). Para tener una definición de los ángulos de elevación en las dos zonas de la capa inducida magnéticamente que sea consistente con una dirección de rotación común en sentido antihorario correspondiente a alguna tríada ortonormal diestra definida en el plano de referencia de (la cara superior de) el sustrato (por ejemplo, con los ejes x e y en el plano y el eje z orientado hacia fuera), el ángulo de elevación γ_1 de una cara plana de una partícula de pigmento en la primera zona es el ángulo entre el plano del sustrato y el plano de la cara contados en sentido antihorario, es decir, para una rotación positiva alrededor de la línea recta L_1 de intersección de la cara plana y el plano de referencia (desde el plano de referencia hacia la cara plana), mientras que el ángulo de elevación γ_2 de una cara plana de una partícula de pigmento en la segunda zona es el ángulo entre el plano del sustrato y el plano de la cara aún contados en sentido antihorario, pero

esta vez para una rotación positiva alrededor de una línea recta coincidente obtenida por rotación en el plano de referencia de la línea recta L_2 de intersección de la cara plana y el plano de referencia para alinearla con la línea L_1 . Este método de determinar los ángulos de elevación en las dos zonas distintas de orientación de las partículas facilita una comparación inequívoca de los ángulos de elevación y las direcciones de las orientaciones. En cada zona de la capa inducida magnéticamente (120), de acuerdo con las pruebas experimentales realizadas de acuerdo con la invención, los ángulos agudos de las caras planas con respecto al plano del sustrato (110) están preferentemente en un intervalo de aproximadamente 5° a aproximadamente 25° . Además, como resultado de dichas pruebas experimentales, las dos direcciones de orientación distintas de las caras planas en las dos zonas (120a) y (120b) están preferentemente en un ángulo de al menos 30° para tener un contraste aceptable entre las dos zonas cuando la marca de seguridad iluminada (100) está observado bajo dos ángulos de visión respectivamente correspondientes a un mejor reflejo de luz de la primera zona y la segunda zona. En el ejemplo mostrado en la figura 2, en donde en cada zona (120a, 120b) las caras de las partículas de pigmento son sustancialmente paralelas entre sí (es decir, las normales a las caras en cada zona son sustancialmente paralelas, véase en la figura 2A), el primer ángulo de elevación γ_1 , cuando se mide en sentido antihorario como se especifica arriba, tiene un valor que está en el intervalo de aproximadamente 5° a aproximadamente 25° ($5^\circ \leq \gamma_1 \leq 25^\circ$), preferentemente de aproximadamente 5° a aproximadamente 20° ($5^\circ \leq \gamma_1 \leq 20^\circ$), y el segundo ángulo de elevación γ_2 , cuando se mide en sentido antihorario como se especifica arriba, tiene un valor en el intervalo de aproximadamente 155° a aproximadamente 175° ($155^\circ \leq \gamma_2 \leq 175^\circ$), más preferentemente de aproximadamente 160° a aproximadamente 175° ($160^\circ \leq \gamma_2 \leq 175^\circ$). El ángulo agudo formado por las caras de las partículas de pigmento dentro de la segunda zona (120b) de la capa magnética inducida (120), es decir, el ángulo complementario al ángulo de elevación γ_2 , está por tanto en el intervalo de aproximadamente 5° (como $180^\circ - 175^\circ = 5^\circ$) hasta aproximadamente 25° (como $180^\circ - 155^\circ = 25^\circ$).

En la realización mostrada en la figura 2B, la capa inducida magnéticamente (120) comprende partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta orientadas magnéticamente dentro de una única capa de un material aplicado sobre el sustrato aplanado (110). En la realización mostrada en la figura 2C, la capa inducida magnéticamente (120) comprende dos subcapas distintas que forman respectivamente las dos zonas (120a) y (120b), en donde dicha primera subcapa y segunda subcapa son adyacentes, es decir, tienen bordes contiguos que forman un borde común. De acuerdo con otra realización (no mostrada en la Fig. 2C), las dos subcapas distintas que forman respectivamente las dos zonas (120a) y (120b) están separadas entre sí.

En lugar de utilizar la capa inducida magnéticamente que comprende las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta reflectantes orientadas magnéticamente con los ángulos de elevación descritos en el presente documento, puede usarse una microestructura difractiva, refractiva y reflectante como, por ejemplo, una rejilla de difracción, así como capas que comprenden microlentes o una estructura de microespejo, comprendiendo dicha estructura microespejos cuyas facetas tienen los ángulos de elevación específicos aquí descritos.

De acuerdo con la invención, como se ilustra en las figuras 3-5, una marca legible por máquina (130), en forma de código de barras bidimensional, que incluye un patrón de referencia (133) y un patrón de código (134) que representa datos codificados, se aplica sobre una cara superior (121) de la capa inducida magnéticamente (120) o sobre el sustrato (110), entre dicho sustrato (110) y una cara trasera (122) de la capa inducida magnéticamente (120), una primera área (134a) del patrón de código está dispuesta enfrente de la primera zona (120a) y una segunda área restante (134b) del patrón de código (134) está dispuesta enfrente de la segunda zona (120b). El patrón de referencia (133) se usa para ubicar con precisión el patrón de código (134) durante las operaciones de procesamiento de imágenes al leer y decodificar la marca legible por máquina (130). La figura 5B ilustra una realización con un código QR y su patrón de referencia característico (133) en forma de tres cuadrados. La figura 5C ilustra una realización con un código de matriz de datos con su patrón de referencia en forma de L (133). Se pueden usar otros formatos de código legibles por máquina (por ejemplo, matriz de puntos) para la invención con sus patrones de referencia. También es posible utilizar una marca legible por máquina en donde el patrón de referencia se marca por separado del patrón de código en un área externa a la capa inducida magnéticamente (pero aún debe estar dentro del campo de visión del lector mientras lee la marca legible por máquina).

La marca legible por máquina (130) descrita en el presente documento puede producirse mediante cualquier medio adecuado, incluidos procesos de impresión (en particular, impresión por inyección de tinta), métodos de grabado y ablación (en particular grabado o quemado con láser), métodos de estampado, etc.

La figura 3 es una vista despiezada de una marca de seguridad (100) de acuerdo con una realización de la invención que comprende un sustrato aplanado (110), teniendo una capa inducida magnéticamente (120) dos zonas (120a) y (120b) con orientaciones distintas de sus partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta reflectantes orientadas magnéticamente, con una cara superior (121) y una cara trasera (122), y una marca legible por máquina (130) en forma de código QR, con una cara superior (131) y una cara trasera (132), en donde dicha marca legible por máquina (130) se superpone parcialmente a la capa inducida

magnéticamente (120). Aquí, la marca legible por máquina (130) se aplica sobre la capa inductora magnética (120) aplicada sobre el sustrato (110). Una primera área (134a) del patrón de código (134) está dispuesta delante de la primera zona (120a) y una segunda zona (134b) del patrón de código (134) está dispuesta enfrente de la segunda zona (120b). Un efecto de la invención es que es necesario tomar dos imágenes distintas de la marca legible por máquina (130), en dos ángulos de visión distintos para adquirir los datos codificados completos del patrón de código, los ángulos de visión correspondientes respectivamente a los ángulos de elevación y orientaciones de las partículas de pigmento dentro de las dos zonas (120a) y (120b). De hecho, debido a la diferencia en la reflectividad de la luz de las dos zonas (120a) y (120b) de la capa inducida magnéticamente (120) cuando se obtienen imágenes bajo un único ángulo de visión, solo una parte del patrón de código de la imagen se puede detectar de manera fiable, es decir, la parte del patrón de código correspondiente a la zona del patrón de código que está enfrente de la zona de la capa inducida magnéticamente que proporciona el mejor contraste (si el ángulo de visión es el correcto correspondiente al ángulo de elevación de las caras de las partículas de pigmento dentro de dicha zona, ya que el ángulo de elevación de una cara de una partícula de pigmento establece el ángulo de visión en el que la reflexión especular de la luz de la cara es máxima para una posición determinada de la fuente de luz). Por tanto, no es posible obtener el contraste necesario para la detección de los datos codificados simultáneamente, desde un único ángulo de visión, para ambas zonas (134a) y (134b) del patrón de código (134). Para detectar de forma fiable los datos codificados completos, es necesario adquirir primero dos imágenes de la marca legible por máquina (130), en dos ángulos de visión distintos adaptados a los respectivos ángulos de elevación de las caras de las partículas de pigmento en la primera zona (120a) y la segunda zona (120b) de la capa inducida magnéticamente (120), para obtener en cada imagen solo una parte correspondiente del patrón de código (130) que se puede detectar de manera fiable, y en segundo lugar reconstruir una imagen del patrón de código completo a partir de estas dos imágenes adquiridas para volver a montar las dos partes detectadas del patrón de código. La reconstrucción necesita usar el patrón de referencia con imagen (133) con el fin de tener un elemento de posición de referencia común en las dos imágenes para volver a montar con precisión las dos partes detectadas y reconstituir una imagen decodificable del patrón de código completo (130). En caso de que dicha reconstrucción sea posible, implica implícitamente que las operaciones de formación de imágenes se han realizado de acuerdo con la estructura muy específica de la marca de seguridad y, por tanto, que la marca de seguridad (100) es probablemente muy auténtica: esta es una ventaja adicional de la invención.

Las figuras 4A-C ilustran diferentes realizaciones de la marca de seguridad (100) de acuerdo con la invención. En el ejemplo de la figura 4A en el que se muestra una sección transversal de una marca de seguridad (100), la capa inducida magnéticamente (120) se aplica sobre el sustrato (110), y la marca legible por máquina (130) se aplica sobre la cara superior (121) de la (mono)capa inducida magnéticamente (120), con la marca legible por máquina (130) superponiendo parcialmente la capa inducida magnéticamente (120).

En el ejemplo de la figura 4B que muestra una sección transversal de una marca de seguridad (100), una imprimación oscura (140) (preferentemente una imprimación negra) está dispuesta entre el sustrato (110) y la capa inducida magnéticamente (120); la imprimación oscura (140) tiene su cara trasera (142) aplicada en la cara superior del sustrato (110), y la cara trasera (122) de la capa inducida magnéticamente (120) se aplica sobre la cara superior (141) de la imprimación oscura, con la marca legible por máquina (130), posiblemente codificada con símbolos brillantes o con símbolos oscuros, superponiendo parcialmente la capa inducida magnéticamente (120).

En el ejemplo de la figura 4C que muestra una sección transversal de una marca de seguridad (100), la marca legible por máquina (130) se aplica sobre la cara superior del sustrato (110), preferentemente codificada con símbolos oscuros, y se aplica una cara trasera (122) de la capa inducida magnéticamente (120) sobre la cara superior (131) de la marca legible por máquina (130), con la marca legible por máquina (130) superponiendo parcialmente la capa inducida magnéticamente (120).

Como se ha explicado anteriormente, la lectura y decodificación de la capa inducida magnéticamente de dos zonas (120) requiere tomar (al menos) dos imágenes de la marca de seguridad (100). De acuerdo con la invención, el método para leer y decodificar la marca de seguridad (100) utiliza un dispositivo portátil (200), como se ilustra en la figura 6 (por ejemplo, un teléfono inteligente), equipado con una fuente de luz (201) para suministrar luz de iluminación, preferentemente en el espectro visible o NIR (es decir, para longitudes de onda de 400 nm a 1000 nm), un generador de imágenes (202) para tomar imágenes digitales (por ejemplo, una cámara del teléfono inteligente), y un procesador (no mostrado) equipado con una memoria (no mostrada) y adaptado para realizar operaciones de procesamiento y decodificación de imágenes, y comprende las etapas de:

(i) iluminar la marca de seguridad (100), dispuesta dentro de un campo de visión del generador de imágenes (202), con luz de iluminación suministrada por la fuente de luz (201). Por ejemplo, la fuente de luz es un flash LED ("diodo emisor de luz") de un teléfono inteligente, que se encuentra junto al generador de imágenes (una cámara del teléfono inteligente).

(ii) adquirir una primera imagen digital de la marca de seguridad (100) con el generador de imágenes (202) en

un primer ángulo de visión θ_1 , asociado con el primer ángulo de elevación γ_1 de las partículas de pigmento en la primera zona (120a) de la capa inducida magnéticamente (120), y almacenar la primera imagen digital adquirida en la memoria. Con el ejemplo anterior de un teléfono inteligente, con el generador de imágenes muy cerca de la fuente de luz (casi puntual), el ángulo de visión θ_1 en el que la intensidad de la luz reflejada por las caras de las partículas de pigmento en la primera zona (120a) es máxima corresponde a una posición del generador de imágenes sustancialmente en una dirección normal a las caras de las partículas de pigmento en la primera zona (120a). Con este ángulo de visión θ_1 , solo la parte del patrón de código (134) que se aplica en la primera zona (120a) de la capa inducida magnéticamente (120) se puede leer de forma fiable (con buen contraste) en la primera imagen digital, ya que la parte del patrón de código (134) que se aplica en la segunda zona (120b) de la capa inducida magnéticamente (120) no refleja suficiente luz (θ_1 no está adaptada al ángulo de elevación γ_2).

(iii) adquirir una segunda imagen digital de la marca de seguridad (100) con el generador de imágenes (202) en un segundo ángulo de visión θ_2 , asociado con el segundo ángulo de elevación γ_2 de las partículas de pigmento en la segunda zona (120b) de la capa inducida magnéticamente (120), y almacenar la segunda imagen digital adquirida en la memoria. Con el ejemplo anterior del teléfono inteligente cuyo generador de imágenes está muy cerca de la fuente de luz, el ángulo de visión θ_2 en el que la intensidad de la luz reflejada por las caras de las partículas de pigmento en la segunda zona (120b) es máxima corresponde a una posición del generador de imágenes sustancialmente en una dirección normal a las caras de las partículas de pigmento en la segunda zona (120b). Con este ángulo de visión θ_2 , solo la parte del patrón de código (134) que se aplica en la segunda zona (120b) de la capa inducida magnéticamente (120) se puede leer de manera fiable (con buen contraste) en la segunda imagen digital, ya que la parte del patrón de código (134) que se aplica en la primera zona (120a) de la capa inducida magnéticamente (120) no refleja suficiente luz (θ_2 no está adaptada al ángulo de elevación γ_1).

(iv) formar, a través del procesamiento de imágenes con el procesador, una imagen digital compuesta (es decir, una imagen digital reconstruida) del patrón de código (134) a partir de la primera imagen digital almacenada y la segunda imagen digital almacenada alineando con respecto al patrón de referencia (133) (detectado en la primera imagen digital y la segunda imagen digital) una primera parte del patrón de código (134) correspondiente a la primera área (134a) del patrón de código detectado en la primera imagen digital y una segunda parte del patrón de código (134) correspondiente a la segunda zona (134b) del patrón de código detectado en la segunda imagen digital, y almacenar la imagen digital compuesta obtenida en la memoria. Aquí, la primera parte del patrón de código (134) es la parte del patrón de código en la primera área (134a) que se aplica sobre la cara superior (121) de la primera zona (120a) de la capa inducida magnéticamente (120), y la segunda parte del patrón de código (134) es la parte del patrón de código en la segunda zona (134b) que se aplica sobre la cara superior (121) de la segunda zona (120b) de la capa inducida magnéticamente (120).

(v) leer y decodificar con el procesador el patrón de código (134) de la imagen digital compuesta almacenada, es decir, a partir de la imagen digital reconstruida del patrón de código completo en el que las dos áreas del patrón de código pueden detectarse y decodificarse de forma simultánea y fiable.

Como se ha explicado anteriormente, la única posibilidad de detectar y decodificar de forma fiable la marca legible por máquina (130) es tomar dos imágenes, respectivamente de la primera área (134a) y la segunda área (134b) del patrón de código (134), en dos ángulos de visión adaptados a las orientaciones específicas de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta reflectantes orientadas magnéticamente dentro de la primera zona (120a) y la segunda zona (120b) de la capa inducida magnéticamente (120). El hecho de poder decodificar la marca legible por máquina de la marca de seguridad (100) implica que se ha confirmado la estructura de dos zonas de la capa inducida magnéticamente (120), con los ángulos de visión correspondientes a los ángulos de elevación rectos (es decir, la orientación correcta) de las caras de las partículas de pigmento dentro de las dos zonas (120a) y (120b). De este modo, la posibilidad de decodificar la marca legible por máquina (130) constituye un primer nivel de autenticación de la marca de seguridad (100).

De acuerdo con la invención, se puede alcanzar un nivel adicional de autenticación de la marca de seguridad (100) explotando en mayor profundidad las propiedades materiales mismas de la marca de seguridad (100). Esto se puede hacer tomando una pluralidad de imágenes digitales de la marca de seguridad en varios ángulos de visión θ_i ($i = 1, \dots, N$) mientras se mueve el generador de imágenes (202) del dispositivo portátil (200) por encima de la marca de seguridad (100) (y en paralelo a ella) y se forma a partir de las imágenes digitales adquiridas, y para cada zona de la capa inducida magnéticamente, una "curva" correspondiente $I(\theta_i)$ ($i = 1, \dots, N$) de una intensidad I de luz reflejada desde dicha zona en dichos diversos ángulos de visión, al iluminar la marca de seguridad con la fuente de luz (201). Cada curva $I(\theta)$ permite analizar con mayor detalle la reflectividad (ya que la intensidad es una función de la reflectividad) de las partículas de pigmento magnético o magnetizables en forma de plaqueta reflectantes magnéticamente orientadas dentro de la zona correspondiente de la capa inducida magnéticamente (120). Particularmente,

una forma precisa de la curva de reflectividad $R(\theta) \sim I(\theta)$ ($R(\theta)$ es una reflectividad promedio) es característica de la naturaleza y orientación de las partículas de pigmento, y el material de la capa inducida para la zona en cuestión, y muestra un pico de forma característica alrededor de un valor de ángulo de visión

asociado con el valor del ángulo de elevación de las partículas de pigmento dentro de esa zona, se puede comparar con una curva de reflectividad de referencia $R_{ref}(\theta) \sim I_{ref}(\theta)$ (conocida por la autoridad que ha suministrado la marca de seguridad) para decidir si las formas de las dos curvas concuerdan razonablemente, en función de un criterio de similitud de curvas. Por ejemplo, las curvas se pueden comparar mediante correlación. Otro método es hacer una regresión lineal para estimar la relación lineal entre la curva medida y la de referencia y evaluar qué tan cerca la pendiente alcanza la unidad y qué tan cerca la bondad del ajuste alcanza la unidad. Preferentemente, cada curva $I(\theta)$ se obtiene a partir de las intensidades medias I medidas de la luz reflejada de la zona correspondiente. Esto constituye una fuerte verificación de autenticidad de la estructura material del marcado de seguridad y, por lo tanto, también una verificación de la autenticidad de los datos codificados en la marca legible por máquina de la marca de seguridad. Otra ventaja de la invención, que también contribuye a la autenticación del marcado seguro, es el tipo de movimiento del generador de imágenes por encima de la marca de seguridad que se va a llevar a cabo para adquirir correctamente la pluralidad de imágenes digitales de la marca legible por máquina, de acuerdo con la disposición relativa de las partículas de pigmento dentro de las diferentes zonas de la capa inducida magnéticamente. Por ejemplo, en caso de que la capa inducida magnéticamente sea la que se muestra en la figura 2, con las direcciones de orientación de las partículas de pigmento dentro de la primera zona (120a) y la segunda zona (120b) ambas comprendidas dentro de un plano perpendicular al plano del sustrato (110), se requiere un movimiento de traslación relativo del generador de imágenes (202) y la marca de seguridad (100) (a lo largo de una dirección comprendida dentro de dicho plano perpendicular) para adquirir la pluralidad de imágenes digitales con el fin de obtener una curva de reflectividad $I(\theta)$. Sin embargo, con un diseño diferente de las dos (o más) zonas de orientación de las partículas de pigmento de la capa inducida magnéticamente (por ejemplo, con las direcciones de orientación en un ángulo de menos de 180° o más de 180°), el movimiento relativo corresponderá a un movimiento de rotación. Preferentemente, la curva de reflectividad $I(\theta)$ se obtiene a partir de las intensidades medias I medidas. Sin embargo, se pueden utilizar otras métricas para la autenticación del marcado de seguridad. Otras realizaciones pueden comprender algoritmos de autenticación basados en clasificadores o aprendizaje automático basado en redes neuronales que son capaces de distinguir perfiles de intensidad auténticos (u otras características medidas o extraídas como el perfil de varianza o la entropía de la imagen, etc.) de los que no son auténticos.

Como ejemplo de un método equivalente para autenticar la marca de seguridad, en lugar de medir la intensidad (posiblemente promediada) de la luz reflejada por la capa inducida magnéticamente para obtener una curva de reflectividad, el aprendizaje automático se puede aplicar a la pluralidad mencionada anteriormente de imágenes digitales de la marca de seguridad tomadas en varios ángulos de visión θ_i ($i = 1, \dots, N$). Dicho método comprende las tres etapas siguientes de extracción de características, entrenamiento y selección de modelos, y predicción.

Con respecto a la etapa de extracción de características, el generador de imágenes devuelve una serie de imágenes RGB $I(\theta)$, donde $\theta_{min} \leq \theta \leq \theta_{max}$. Si es necesario, solo se puede conservar una región de interés (RoI) alrededor de la marca de seguridad recortando las imágenes. Estas imágenes se pueden linealizar y convertir a escala de grises (como se describe en R. C. Gonzalez, T. E. Woods, "Digital Image Processing", Cuarta edición, Pearsons, 2017). Sin embargo, también es posible el procesamiento por separado de los canales de color.

Para cada imagen, una o varias funciones métricas $f(\theta)$ se calculan. Se puede encontrar una descripción detallada de las métricas de imagen aplicadas a las imágenes en el libro de R.C. mencionado anteriormente. Gonzales y T.E. Woods. Las métricas se pueden calcular en la intensidad de la imagen directamente o en una transformación, como la Transformada de Fourier Discreta (DFT) o la Transformada de Onda Discreta (DWT). Entre las métricas útiles que se pueden utilizar, encontramos la media, la desviación estándar y la entropía. Dependiendo de la métrica utilizada, es posible que necesitemos escalarlo por la intensidad promedio de una RoI de referencia adyacente (esta operación permite compensar los tiempos de exposición variables del generador de imágenes y cualquier variación en la irradiación de la marca).

Para que todas las medidas tengan la misma escala, las métricas deben estimarse en una cuadrícula de muestreo uniforme de ángulos. Estos ángulos deben ser simétricos con respecto a la normal a la muestra.

Podemos denotar esta cuadrícula uniforme como $\theta = [\theta_1 \dots \theta_N]$, donde N es el número de ángulos (por ejemplo, $N = 21$). En la práctica, es posible que no siempre sea posible escanear en ángulos separados uniformemente y que sea necesario realizar una interpolación de las métricas. Al final del procedimiento de escaneo, obtenemos el vector de característica $\mathbf{x}^T = [f(\theta_1) f(\theta_1) \dots f(\theta_N)] = [x_1 x_1 \dots x_N]$. Al realizar más exploraciones M en diferentes marcas de seguridad para tener en cuenta su variabilidad, construimos el conjunto de datos $\mathbf{X}^T = [\mathbf{x}_1 \dots \mathbf{x}_M]$, con tamaño $N \times M$.

Con respecto a la etapa de entrenamiento y selección del modelo, las técnicas generales de aprendizaje automático para la clasificación y detección se describen en C. M. Bishop, "Pattern Recognition and Machine

Learning", Springer, 2009. Aquí, el problema de autenticación se reduce a distinguir los vectores de características auténticas de las falsificaciones o los ataques. Sin embargo, mientras que los vectores de características auténticas son conocidos y están disponibles, los otros son desconocidos o raros. De este modo, entrenar directamente a un clasificador de dos clases no es factible. Como se describe en O. Mazhelis, "One-Class Classifiers: A Review and Analysis of Suitability in the Context of Mobile-Masquerader Detection", South African Computer Journal, col. 36, págs. 29-48, 2006, se puede demostrar que la autenticación es equivalente a la clasificación de una clase. En este escenario, los modelos de clasificador solo se basan en vectores de características auténticas para conocer sus parámetros y límites de decisión. Entre estos, Descripción de datos vectoriales de soporte (SVDD), ν -Clasificación de vectores de soporte (ν -SVC), Modelos de Mezcla Gaussiana (GMM) y los modelos de aprendizaje profundo como los codificadores automáticos son de interés práctico. La selección de un modelo viene dictada por su rendimiento durante el entrenamiento y también está limitada por su complejidad. A un rendimiento equivalente, se prefieren modelos más simples.

Antes de entrenar el modelo, el conjunto de datos X se procesa previamente como se muestra en la figura siguiente y se llevan a cabo las siguientes etapas:

- *Limpieza de muestras*. Las muestras defectuosas, como las saturadas o con características faltantes, se descartan.

- *Normalización de la muestra*. Los vectores de características se normalizan a la energía unitaria.

- *Estandarización de funciones*. La media de función $\mu(\theta_d)$ y la desviación estándar de función $\sigma(\theta_d)$ se estiman y eliminan en función de las características.

- *Muestra de tendencia*. Tendencias polinomiales de orden inferior de orden fijo p se estiman en cada muestra y se eliminan.

- *Reducción de funciones*. Se eliminan las correlaciones entre funciones y se reduce la dimensionalidad del problema. Aquí, por ejemplo, la reducción puede ser de $N=21$ a $K=3-5$. Los problemas de optimización de menor dimensionalidad convergen más rápido y permiten una inspección más sencilla. Esta etapa se logra a través del análisis de componentes principales (PCA) (véase el libro de C.M. Bishop, "Pattern Recognition and Machine Learning", Springer, 2009) que produce un subespacio vectorial $V = [v_1 \dots v_K]$, con tamaño $N \times K$. Después de PCA, proyectamos el conjunto de datos X en el subespacio V , lo que da como resultado el conjunto de datos de características reducidas $X'^T = [x'_1 \dots x'_N]$, con tamaño $K \times N$. Este conjunto de datos se utiliza para aprender los parámetros Θ de los modelos candidatos de clasificación de una clase. Finalmente, el mejor candidato se retiene para la predicción.

En cuanto a la etapa de predicción, realiza en un conjunto de datos las operaciones de limpieza de datos, normalización de la muestra, estandarización de funciones, eliminación de tendencias, proyección subespacial, cálculo de una función de decisión modelo. Finalmente, después de la reducción de características por proyección subespacial, se calcula la función de decisión del clasificador con los parámetros aprendidos (véase también I. GoodFellow, Y. Bengio, A. Courville, "Deep Learning", MIT Press, 2016).

En un ejemplo de realización del método anterior basado en la curva de reflectividad $I(\theta)$, en relación con el ejemplo de marcado legible por máquina (130) como un código QR (véanse las figuras 3 y 5A), en donde la superposición de la capa inducida magnéticamente (120) y la marca legible por máquina (130) se elige para preservar la detección del patrón de referencia de código (133) y el reloj (de esta manera, el patrón de código (134) siempre puede ubicarse aunque no necesariamente decodificarse en ningún ángulo de visión). Un código QR es una simbología estandarizada bien conocida que está compuesta gráficamente de una manera que permite realizar las siguientes tres operaciones básicas a partir de funciones o elementos gráficos obtenidos de una imagen del código QR:

- 1) Ubicación del código utilizando un diseño gráfico específico (patrón de referencia (133)) que es detectable de manera robusta y precisa mediante algoritmos de procesamiento de imágenes adecuados.
- 2) Extracción de la cuadrícula de muestreo y el tamaño del módulo de una sucesión de módulos alternativos oscuros y brillantes (reloj visible en la figura 5A) dispuestos a lo largo de una o más líneas en las dos direcciones ortogonales.
- 3) Modo de codificación de datos y el área de corrección de errores están contenidos en el código QR en otras regiones de la figura 5A (en el borde derecho). Los datos se codifican como módulos claros y oscuros en un área específica del símbolo de acuerdo con un algoritmo de codificación específico.

El código legible por máquina (130) de la marca de seguridad (100) se lee y decodifica con un dispositivo portátil (200) que comprende:

- una fuente de luz (201) para suministrar luz de iluminación;
- un generador de imágenes (202) (una cámara) para tomar imágenes digitales de la marca de seguridad

(100); y

- un procesador equipado con una memoria y adaptado para realizar las etapas del método anterior en imágenes digitales de la marca de seguridad (100) tomadas por el generador de imágenes (202).

- 5 Como se ilustra en la figura 7, con el método de decodificación (700), una primera secuencia de imágenes digitales de la marca de seguridad (100) se adquiere (701) en varios ángulos de visión del generador de imágenes (202) con respecto a la marca de seguridad (100): los ángulos de visión están cerca del primer ángulo de visión θ_1 (que está asociado con el ángulo de elevación γ_1 de las partículas de pigmento dentro de la primera zona (120a) de la capa inducida magnéticamente). Las poses del generador de imágenes relativas a la marca legible por máquina (130) se estiman (702) utilizando la secuencia adquirida de imágenes digitales de la manera que se explica a continuación (en este contexto, la combinación de posición y orientación se conoce como la pose de un objeto en la visión por ordenador). Las poses del generador de imágenes se comparan con varios criterios de aceptación: por ejemplo, para $15^\circ \pm 3^\circ$ con respecto a la normal al sustrato (110), comprobando si una imagen digital de la secuencia es lo suficientemente nítida (703). Por ejemplo, comprobando el contraste de Weber, el contraste de Michelson RMS. Si la imagen digital considerada no es aceptada (703, "N", es decir, "No"), se considera una siguiente imagen digital de la secuencia (701). Si una pose pasa los criterios de aceptación, la imagen digital que corresponde a esa pose se procesa más (703, "Y", es decir, "Sí"). A continuación, se corrige la distorsión de la perspectiva de esa imagen digital y se vuelve a muestrear utilizando una resolución predeterminada (704). Utilizando la información de pose del generador de imágenes y un conocimiento *a priori* de la ubicación de la capa inducida magnéticamente (120) en el diseño de la marca de seguridad, se puede construir una máscara para mantener solo la parte de la imagen digital donde está presente la primera zona de la capa inducida magnéticamente (705).

- 25 El mismo procesamiento se repite con el generador de imágenes (202) en varios ángulos de visión cercanos al segundo ángulo de visión θ_2 (706 al 710). El segundo ángulo de visión θ_2 es el ángulo de visión asociado con el ángulo de elevación γ_2 de las partículas de pigmento dentro de la segunda zona (120b) de la capa inducida magnéticamente (120).

- 30 La imagen digital obtenida en la etapa (704), después de haber sido enmascarado en la etapa (705), y la imagen digital obtenida en la etapa (709), después de ser enmascarado en la etapa (710), se combinan en la etapa (711) para formar una imagen digital compuesta resultante. La imagen digital compuesta obtenida en la etapa (711) se decodifica luego en la etapa (712) con un decodificador (que incluye corrección de errores) y se extrae el contenido de datos del patrón de código (134). La combinación de las dos imágenes digitales en la etapa (711) se puede lograr mediante algoritmos de procesamiento de imágenes digitales conocidos que unen las dos imágenes digitales y ajustan el contraste y la intensidad en toda la marca legible por máquina. Otra posibilidad es realizar las siguientes operaciones sobre dos imágenes digitales A y B de la marca de seguridad (100), respectivamente, tomadas en ángulos de visión cercanos a θ_1 y θ_2 como se ha expuesto anteriormente, y:

- 40 - localizar el patrón de código "parcial" de la imagen A (correspondiente a la primera parte del patrón de código (134)), y se construye una cuadrícula de muestreo utilizando técnicas de detección de código estándar;
- formar una representación binaria B1 del patrón de código parcial de la imagen A;
- 45 - localizar el patrón de código "parcial" de la imagen B (correspondiente a la segunda parte del patrón de código (134)), y se construye una cuadrícula de muestreo utilizando técnicas de detección de código estándar;
- formar una representación binaria B2 del patrón de código parcial de la imagen B;
- combinar las representaciones binarias obtenidas B1 y B2 de los patrones de código de las imágenes A y B aplicando una tabla de verdad a cada módulo correspondiente de las representaciones binarias (es decir, un módulo "negro" en B1 y un módulo negro en B2 dan un módulo negro de la representación binaria combinada CB; un módulo "blanco" en B1 y un módulo blanco en B2 dan un módulo blanco en CB; un módulo negro (resp. blanco) en B1 y un módulo blanco (resp. negro) en B2 dan un módulo blanco en CB); y
- 50 - se aplica un algoritmo de corrección de errores de código estándar a la representación binaria combinada obtenida CB del patrón de código (completo) para recuperar posibles errores que puedan estar presentes, y
- 55 obtener una imagen digital compuesta libre de errores del patrón de código (134).

La estimación de pose del generador de imágenes (202) se puede realizar usando varios métodos conocidos. Dos de ellos se ilustran esquemáticamente respectivamente en la figura 8A y la figura 8B.

- 60 Un posible método de estimación de pose es el siguiente (véase la figura 8A): la marca legible por máquina (130) se aplica sobre una superficie plana, la secuencia de imagen digital adquirida (801) se envía a una biblioteca de extracción plana disponible comercialmente (802) (como, por ejemplo, Vuforia, ARCore o ARKit). Esa biblioteca devuelve la pose estimada del generador de imágenes en relación con el plano de la marca legible por máquina aplicada (803).

- 65 Otro posible método de estimación de pose es el siguiente (véase la figura 8B) (marcas fiduciales, por

ejemplo, CCTags, puede añadirse a la marca de seguridad si el patrón de referencia no es adecuado para la estimación de pose):

una imagen digital adquirida (804) se procesa (a través del procesamiento de imagen convencional) para extraer información de diseño gráfico (es decir, el posicionamiento del patrón de referencia) (805) y detectar (806) el patrón de referencia (133) utilizando una coincidencia de patrón conocida o un detector específico al tipo de marcado (aquí, código QR), por ejemplo, CCTag, ARTag, etiqueta ARToolKit, etc., y proporciona una estimación de pose (807) utilizando el posicionamiento detectado del patrón de referencia, por ejemplo, usando el programa SolvePnP de la biblioteca OpenCV (véase, por ejemplo, el artículo de V. Lepetit et. al., "An accurate o(n) solution to the pnp problem" International Journal of Computer Vision, 81(2), páginas 155-166, 2009). Sin embargo, el experto conoce muchos otros métodos de estimación de pose.

Se pueden usar otros tipos de marcas legibles por máquina para implementar la invención, por ejemplo, una matriz de datos con su patrón de referencia en forma de L (véase la figura 5C).

La figura 9 muestra un ejemplo de documento de seguridad (150) de acuerdo con la invención, aquí una tarjeta de identidad de un usuario John Doe con datos de identidad impresos (151) que indican un nombre del usuario, su dirección y fecha de nacimiento. Este documento de seguridad ha sido suministrado al usuario por una autoridad y esta autoridad ha aplicado una marca de seguridad (100) del documento. El patrón de código (134) de la marca legible por máquina (130) de la marca de seguridad (100) contiene datos de identidad digitales codificados del usuario (aquí, correspondientes a los datos de identidad impresos) y una firma digital de estos datos de identidad digitales. La firma digital es suministrada por la autoridad y obtenida con una clave criptográfica (almacenada en una base de datos de la autoridad, junto con una clave de descifrado correspondiente). La marca de seguridad (100) corresponde a la que se muestra en la figura 5C (es decir, un código de barras de matriz de datos GS1 bidimensional). Dependiendo de la capacidad de almacenamiento de datos del marcado legible por máquina, se pueden codificar datos de identidad adicionales en el patrón de código (130) (por ejemplo, datos biométricos del usuario, en algunos casos una fotografía del usuario).

La figura 10 es un diagrama de flujo de un método para verificar el documento de seguridad mostrado en la figura 9 por un controlador. Este método de verificación del documento de seguridad (150), por el controlador que tiene un dispositivo portátil (200) como se muestra en la figura 6, además está equipado con una unidad de comunicación operable para enviar y recibir datos a través de una red de comunicación (CN) a un servidor (S) de la autoridad conectado a la base de datos (DB) (véase también la figura 11) en donde la clave criptográfica K se usa para la firma digital de los datos codificados en el patrón de código (134) almacenado junto con una clave de descifrado correspondiente K', que comprende las etapas de (véase también la figura 6):

- (1000) disponer (mediante el controlador) la marca de seguridad (100) en el documento de seguridad (150) dentro de un campo de visión del generador de imágenes (202) del dispositivo portátil (200);
- (1001) iluminar la marca de seguridad (100) del documento de seguridad (150) con la fuente de luz (201) del dispositivo portátil (200);
- (1002) adquirir una primera imagen digital de la capa (120) inducida magnéticamente iluminada con el generador de imágenes (202) en un primer ángulo de visión θ_1 asociado con el primer ángulo de elevación γ_1 de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta reflectantes orientadas magnéticamente dentro de la primera zona (120a) de dicha capa inducida magnéticamente (120) y almacenar la primera imagen digital adquirida en la memoria;
- (1003) adquirir una segunda imagen digital de la capa (120) inducida magnéticamente iluminada con el generador de imágenes (202) en un segundo ángulo de visión θ_2 asociado con el segundo ángulo de elevación γ_2 de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta reflectantes orientadas magnéticamente dentro de la segunda zona (120b) de dicha capa inducida magnéticamente (120) y almacenar la segunda imagen digital adquirida en la memoria;
- (1004) formar, a través del procesamiento de imágenes con el procesador, una imagen digital compuesta del patrón de código (134) de la primera imagen digital almacenada y la segunda imagen digital almacenada alineándola con respecto al patrón de referencia (133) (aquí, la forma de L de la matriz de datos), detectado en la primera imagen digital y la segunda imagen digital, una primera parte del patrón de código (134) que corresponde a la primera área (134a) del patrón de código (134) detectado en la primera imagen digital y una segunda parte del patrón de código (134) que corresponde a la segunda área (134b) del patrón de código (134) detectado en la segunda imagen digital;
- (1005) leer y decodificar el patrón de código (134) de la imagen digital compuesta obtenida, y extraer de los datos decodificados del patrón de código un UID de datos de identidad de usuario y un UUID de firma digital de dichos datos de identidad de usuario, mediante operaciones de procesamiento y decodificación de imágenes con el procesador, y almacenamiento del UID de datos de identidad de usuario extraídos y UUID de firma digital en la memoria;
- (1006) enviar un primer mensaje (M1) que contiene los datos de identidad de usuario extraídos UID y la firma digital UUID almacenados en la memoria a través de la unidad de comunicación al servidor (S);
- (1007) descifrar en el servidor (S) la firma digital extraída UUID recibida en el primer mensaje (M1) del dispositivo portátil (200) con la clave de descifrado K' almacenada en la base de datos (DB), y comprobar que

los datos de identidad de usuario UID extraídos recibidos en el primer mensaje (M1) coinciden con los UIDS de firma digital extraída y descifrada;

- (1008) en caso de coincidir, enviar de vuelta al dispositivo portátil (200) un mensaje de servidor (SM) que indica una correcta verificación de los datos de identidad del usuario; y

- 5 - (1009) en caso de que el UID de datos de identidad de usuario extraído recibido en el primer mensaje (M1) no coincida con el UIDS de firma digital extraído descifrado, enviar de vuelta al dispositivo portátil (200) un mensaje de alerta del servidor (SALM) que indica que la verificación de los datos de identidad del usuario falló.

- 10 En caso de recepción de un mensaje de alerta del servidor (SALM) por el dispositivo portátil (200), se informa al controlador que utiliza este dispositivo portátil que el documento de seguridad no es auténtico y, por ejemplo, podrá tomar las medidas necesarias con respecto a que el usuario haya presentado este documento de seguridad falsificado.

- 15 Un sistema adaptado para realizar las operaciones mencionadas anteriormente para permitir que un controlador verifique el documento de seguridad de un usuario (como se muestra en la figura 9) se ilustra esquemáticamente en la figura 11. La vista representa los uno o más servidores de la autoridad que ha suministrado el documento de seguridad (150) al usuario, conectado a una base de datos (DB) en la que se almacenan la clave criptográfica K y su correspondiente clave de descifrado K'. El dispositivo portátil (200) del controlador es un teléfono inteligente. Aquí, una pantalla del teléfono inteligente muestra el mensaje del servidor (SM) que indica que la verificación del documento de seguridad se ha realizado correctamente (por ejemplo, se muestra la información OK).

- 25 El anterior método de verificación de un documento de seguridad de un usuario de acuerdo con la invención, y el correspondiente sistema de implementación de las operaciones necesarias para llevar a cabo dicha verificación, puede tener algunas variantes que impliquen una autenticación en profundidad de la marca de seguridad. Particularmente, cuando el método de verificación se utiliza para otorgar acceso a un usuario a algún servicio en línea (por ejemplo, transacción bancaria, registro en línea, pago en línea, etc.).

- 30 En una realización de una primera variante del método de verificación, consideramos un usuario equipado con su teléfono inteligente, adecuadamente programado (por ejemplo, habiendo descargado una aplicación adecuada para las operaciones de procesamiento y decodificación de imágenes, para ejecutar en el teléfono inteligente) para funcionar también como un dispositivo portátil (200) de acuerdo con la invención como se muestra en la figura 6. El teléfono inteligente está equipado con una unidad de comunicación operable para enviar y recibir datos a través de una red de comunicación (CN) a un servidor (S) de la autoridad que ha suministrado una tarjeta de identidad al usuario, correspondiente al documento de seguridad (150) mostrado en la figura 9. El servidor (S) está conectado a una base de datos (DB) que almacena la clave criptográfica K utilizada para firmar digitalmente los datos codificados en el patrón de código (134) de la marca legible por máquina (130) de la marca de seguridad (100) aplicada en la tarjeta de identificación, junto con una clave de descifrado correspondiente K'. Se llevan a cabo las siguientes etapas:

- (1200) disponer (por parte del usuario) la marca de seguridad (100) en el documento de seguridad (150) dentro de un campo de visión del generador de imágenes (202) del teléfono inteligente (200);

- 45 - (1201) iluminar la marca de seguridad (100) del documento de seguridad (150) con la fuente de luz (201) del teléfono inteligente (200), resultando la iluminación de un disparo del flash del teléfono inteligente por parte del usuario;

- 50 - (1202) adquirir (por parte del usuario) una primera imagen digital de la capa (120) inducida magnéticamente iluminada con el generador de imágenes (202) en un primer ángulo de visión θ_1 asociado con el primer ángulo de elevación γ_1 de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta reflectantes orientadas magnéticamente dentro de la primera zona (120a) de dicha capa inducida magnéticamente (120), y almacenar la primera imagen digital adquirida en la memoria del teléfono inteligente;

- 55 - (1203) adquirir (por parte del usuario) una segunda imagen digital de la capa (120) inducida magnéticamente iluminada con el generador de imágenes (202) en un segundo ángulo de visión θ_2 asociado con el segundo ángulo de elevación γ_2 de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta reflectantes orientadas magnéticamente dentro de la segunda zona (120b) de dicha capa inducida magnéticamente (120), y almacenar la segunda imagen digital adquirida en la memoria del teléfono inteligente;

- 60 - (1204) formar, a través del procesamiento de imágenes con el procesador del teléfono inteligente, una imagen digital compuesta del patrón de código (134) de la primera imagen digital almacenada y la segunda imagen digital almacenada alineándola con respecto al patrón de referencia (133) (la forma de L de la matriz de datos), detectado en la primera imagen digital y la segunda imagen digital, una primera parte del patrón de código (134) que corresponde a la primera área (134a) del patrón de código (134) detectado en la primera imagen digital y una segunda parte del patrón de código (134) que corresponde a la segunda área (134b) del patrón de código (134) detectado en la segunda imagen digital;

- 65 - (1205) leer y decodificar el patrón de código (134) de la imagen digital compuesta obtenida, y extraer de los datos decodificados del patrón de código un UID de datos de identidad de usuario y un UIDS de firma digital

de dichos datos de identidad de usuario, a través de operaciones de procesamiento y decodificación de imágenes con el procesador del teléfono inteligente, y el almacenamiento del UID de datos de identidad del usuario extraído y el UIDS de firma digital en la memoria del teléfono inteligente;

- 5 - (1206) enviar un primer mensaje (M1) que contiene los datos de identidad de usuario extraídos UID y la firma digital UIDS almacenados en la memoria a través de la unidad de comunicación del teléfono inteligente (200) al servidor (S);
- (1207) descifrar en el servidor (S) la firma digital extraída UIDS recibida en el primer mensaje (M1) del teléfono inteligente (200) con la clave de descifrado K' almacenada en la base de datos, y verificar que los datos de identidad del usuario extraídos UID recibidos en el primer mensaje (M1) coincide con la firma digital extraída descifrada UIDS;
- 10 - (1208) iluminar la capa inducida magnéticamente (120) con la fuente de luz (201) y adquirir una pluralidad de imágenes digitales, por ejemplo diez imágenes, de la capa (120) inducida magnéticamente iluminada con el generador de imágenes (202), estando el generador de imágenes (202) para cada imagen digital diferente en un ángulo de visión θ distinto correspondiente con respecto a dicha capa inducida magnéticamente (120), moviendo el generador de imágenes (202) con respecto a la capa inducida magnéticamente (120) en paralelo al plano del sustrato (110) (este movimiento, aquí una traslación, del generador de imágenes del teléfono inteligente lo realiza el usuario);
- 15 - (1209) para cada imagen digital adquirida, calcular, con el procesador del teléfono inteligente, respectivamente correspondiente intensidad media I de luz reflejada por la capa inducida magnéticamente (120) y recogida por el generador de imágenes (202) en el ángulo de visión correspondiente θ , y almacenando (en la memoria del teléfono inteligente) las intensidades medias calculadas de la luz reflejada y correspondiente ángulos de visión para obtener una correspondiente curva de intensidad de luz reflejada $I(\theta)$;
- (1210) enviar con la unidad de comunicación del teléfono inteligente (200) un segundo mensaje (M2) al servidor (S) a través de la red de comunicación (CN) que contiene la curva de intensidad de luz reflejada obtenida $I(\theta)$;
- 25 - (1211) comparando en el servidor (S) la curva de intensidad de luz reflejada $I(\theta)$ recibida en el segundo mensaje (M2) con una curva de intensidad de luz reflejada de referencia $I_{ref}(\theta)$ para dicha capa inducida magnéticamente (120) almacenada en la base de datos (DB);
- (1212) determinar en el servidor (S) si la capa inducida magnéticamente (120) es auténtica en función de un resultado de la comparación;
- 30 - (1213) en caso de que se determine que la capa inducida magnéticamente (120) es auténtica, enviar de vuelta al teléfono inteligente (200) un mensaje del servidor (SM') que indica una correcta verificación de los datos de identidad del usuario junto con una indicación de que la marca de seguridad (100) es auténtica, y enviar mediante el servidor (S) a través de la red de comunicación (CN) un mensaje de autorización del servidor (SAM) al teléfono inteligente (200) del usuario que contiene datos de acceso que otorgan al usuario acceso a un servicio en línea (por ejemplo, una contraseña para el registro en línea); y
- 35 - (1214) en caso de que el UID de datos de identidad de usuario extraídos recibidos en el primer mensaje (M1) no coincida con el UIDS de firma digital extraída descifrada, o la capa inducida magnéticamente (120) se determine como falsificada, enviar de vuelta al teléfono inteligente (200) un mensaje de alerta del servidor (SALM) que indica que la verificación de los datos de identidad del usuario falló.

En una realización de una segunda variante del método de verificación, en donde las curvas de reflectividad $I(\theta)$ y $I_{ref}(\theta)$ se comparan con el dispositivo portátil (200), todavía consideramos un usuario equipado con su teléfono inteligente, adecuadamente programado para funcionar también como un dispositivo portátil (200) de acuerdo con la invención, como se muestra en la figura 6. El teléfono inteligente está equipado con una unidad de comunicación operable para enviar y recibir datos a través de una red de comunicación (CN) a un servidor (S) de la autoridad que ha suministrado una tarjeta de identidad al usuario, correspondiente al documento de seguridad (150) mostrado en la figura 9. El servidor (S) está conectado a una base de datos (DB) que almacena la clave criptográfica K utilizada para firmar digitalmente los datos codificados en el patrón de código (134) de la marca legible por máquina (130) de la marca de seguridad (100) aplicada en la tarjeta de identificación, junto con una clave de descifrado correspondiente K'. Se llevan a cabo las siguientes etapas:

- 55 - (1300) disponer (por parte del usuario) la marca de seguridad (100) en la tarjeta de identidad (150) dentro de un campo de visión del generador de imágenes (202) del teléfono inteligente (200);
- (1301) iluminar la marca de seguridad (100) del documento de seguridad (150) con la fuente de luz (201) del teléfono inteligente (200), resultando la iluminación de un disparo del flash del teléfono inteligente por parte del usuario;
- 60 - (1302) adquirir (por parte del usuario que toma fotografías) una primera imagen digital de la capa inducida magnéticamente (120) iluminada con el generador de imágenes (202) del teléfono inteligente (200) en un primer ángulo de visión θ_1 asociado con el primer ángulo de elevación γ_1 de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta reflectantes orientadas magnéticamente dentro de la primera zona (120a) de dicha capa inducida magnéticamente (120), y almacenar la primera imagen digital adquirida en la memoria del teléfono inteligente;
- 65 - (1303) adquirir (por parte del usuario) una segunda imagen digital de la capa (120) inducida magnéticamente iluminada con el generador de imágenes (202) en un segundo ángulo de visión θ_2 asociado

con el segundo ángulo de elevación γ_2 de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta reflectantes orientadas magnéticamente dentro de la segunda zona (120b) de dicha capa inducida magnéticamente (120), y almacenar la segunda imagen digital adquirida en la memoria del teléfono inteligente (200);

- 5 - (1304) formar, a través del procesamiento de imágenes con el procesador del teléfono inteligente, una imagen digital compuesta del patrón de código (134) de la primera imagen digital almacenada y la segunda imagen digital almacenada alineándola con respecto al patrón de referencia (133) (la forma de L de la matriz de datos), detectado en la primera imagen digital y la segunda imagen digital, una primera parte del patrón de código (134) que corresponde a la primera área (134a) del patrón de código (134) detectado en la primera
10 imagen digital y una segunda parte del patrón de código (134) que corresponde a la segunda área (134b) del patrón de código (134) detectado en la segunda imagen digital;
- (1305) leer y decodificar el patrón de código (134) de la imagen digital compuesta obtenida, y extraer de los datos decodificados del patrón de código un UID de datos de identidad de usuario y un UIDS de firma digital de dichos datos de identidad de usuario, a través de operaciones de procesamiento y decodificación de
15 imágenes con el procesador del teléfono inteligente (200), y almacenando el UID de datos de identidad del usuario extraído y el UIDS de firma digital en la memoria del teléfono inteligente;
- (1306) enviar un primer mensaje (M1) que contiene los datos de identidad de usuario extraídos UID y la firma digital UIDS almacenados en la memoria a través de la unidad de comunicación del teléfono inteligente (200) al servidor (S);
20 - (1307) descifrar en el servidor (S) la firma digital extraída UIDS recibida en el primer mensaje (M1) del teléfono inteligente (200) con la clave de descifrado K' almacenada en la base de datos (DB), y comprobar que los datos de identidad del usuario UID extraídos recibidos en el primer mensaje (M1) coinciden con los UIDS de la firma digital extraída y descifrada;
- (1308) en caso de coincidir, enviar de vuelta al teléfono inteligente (200) un mensaje de servidor (SM) que
25 indica una correcta verificación de los datos de identidad del usuario;
- (1309) en caso de que el servidor (S) suministre un mensaje de servidor (SM) indicando una correcta verificación de los datos de identidad del usuario, iluminar (por el usuario) la capa inducida magnéticamente (120) de la marca legible por máquina (130) en la tarjeta de identidad (150) con la fuente de luz (201) y adquirir una pluralidad de imágenes digitales de la capa inducida magnéticamente iluminada (120) con el
30 generador de imágenes (202) del teléfono inteligente (200), estando el generador de imágenes (202) para cada imagen digital diferente en un ángulo de visión θ distinto correspondiente con respecto a dicha capa inducida magnéticamente (120), moviendo el generador de imágenes (202) con respecto a la capa inducida magnéticamente (120) en paralelo al plano del sustrato (aquí, el usuario realiza una traslación del generador de imágenes en paralelo a la marca de seguridad);
35 - (1310) para cada imagen digital adquirida, calcular, con el procesador, respectivamente la intensidad media correspondiente I de la luz reflejada por la capa magnéticamente inducida (120) y recogida por el generador de imágenes (202) en el ángulo de visión correspondiente θ , y determinar con las intensidades medias calculadas de la luz reflejada y los ángulos de visión correspondientes una curva una intensidad de luz reflejada correspondiente $I(\theta)$;
40 - (1311) comparar a través del procesador del teléfono inteligente (200) la curva de intensidad de luz reflejada I (θ) con una curva de intensidad de luz reflejada de referencia $I_{ref}(\theta)$ para dicha capa inducida magnéticamente (120) almacenada en la memoria del teléfono inteligente;
- (1312) determinar a través del procesador del teléfono inteligente (200) si la capa inducida magnéticamente (120) es auténtica en función del resultado de la comparación, y, en caso de que se determine que la capa
45 inducida magnéticamente (120) es auténtica, enviar al servidor (S), con la unidad de comunicación del teléfono inteligente a través de la red de comunicación (CN), un mensaje (M) que indica que la marca de seguridad (100) es auténtica; y
- (1313) en caso de recepción en el servidor (S) de un mensaje (M) desde el teléfono inteligente (200) que indique que la marca de seguridad (100) es auténtica, enviar de vuelta mediante el servidor (S) a través de la
50 red de comunicación (CN) un mensaje de autorización del servidor (SAM) al teléfono inteligente (200) del usuario que contiene datos de acceso que otorgan al usuario acceso a un servicio en línea.

EJEMPLOS DE MARCAS DE SEGURIDAD

- 55 Los ejemplos E1-E4 se han llevado a cabo utilizando la tinta de serigrafía curable por UV-Vis de la fórmula dada en la Tabla 1 y los conjuntos magnéticos primero y segundo descritos a continuación.

Tabla 1

Ingredientes	% en peso
Oligómero de epoxiacrilato (Allnex)	30,1
Monómero de triacrilato de trimetilolpropano (Allnex)	21,0
Monómero de diacrilato de tripropilenglicol (Allnex)	21,5
Genorad 16 (Rahn)	1,1
Aerosil 200 (Evonik)	1,1
Speedcure TPO-L (Lambson)	2,2

Irgacure® 500 (IGM)	6,4
Genocure® EPD (Rahn)	2,2
BYK® 371 (BYK)	2,2
Tego Foamex N (Evonik)	2,2
partículas de pigmento magnético(*)	10,0
(*) Partículas de pigmento magnético en forma de plaqueta de 5 capas que presentan un color plateado metálico con forma de escamas de diámetro d_{50} alrededor de 19 μm y grosor alrededor de 1 μm , obtenido de VIAVI Solutions, Santa Rosa, California.	

Dispositivo generador de campo magnético para orientación biaxial (figuras 12A-B)

Se utilizó un conjunto magnético para orientar biaxialmente las partículas de pigmento. El conjunto magnético constaba de nueve imanes dipolo de barra (M1-M9).

Cada uno de los imanes dipolo de nueve barras (M1-M9) tenía las siguientes dimensiones: 100 mm (L1) x 10 mm (L2) x 10 mm (L3). El dispositivo de generación de campo magnético se incrustó en un soporte no magnético hecho de polioximetileno (POM) (no mostrado) que tiene las siguientes dimensiones: 250 mm x 150 mm x 12 mm. Los imanes dipolo de nueve barras (M1-M9) estaban hechos de NdFeB N40.

Los imanes dipolo de nueve barras (M1-M9) se dispusieron en una fila a una distancia (d_1) de aproximadamente 10 mm entre sí, la superficie superior de los imanes dipolo de nueve barras (M1-M9) está nivelada. El eje magnético de cada uno de los imanes dipolo de nueve barras (M1-M9) era sustancialmente paralelo al grosor (L3) de dichos imanes, la dirección magnética de dos imanes vecinos (M1-M9) apuntando en dirección opuesta (magnetización alterna). El campo magnético era sustancialmente homogéneo y las líneas del campo magnético eran sustancialmente coplanarias en el área A.

Generación de campo magnético para orientación monoaxial (figura 13)

Se utilizó un dispositivo de generación de campo magnético para orientar monoaxialmente las partículas de pigmento. El dispositivo de generación de campo magnético consistía en dos imanes dipolo de barra (M1, M2) y dos piezas polares (P1, P2).

Cada uno de los dos imanes dipolo de barra (M1, M2) tenía las siguientes dimensiones: 40 mm (L1) x 40 mm (L2) x 10 mm (L3). Los imanes dipolo de dos barras (M1, M2) estaban hechos de NdFeB N42.

Los imanes dipolo de dos barras (M1, M2) estaban a una distancia (d_1) de unos 40 mm entre sí. El eje magnético de cada uno de los dos imanes dipolo de barra (M1, M2) era sustancialmente paralelo a la longitud (L1) de dichos imanes, la dirección magnética de dichos imanes dipolo de dos barras (M1, M2) apuntando en la misma dirección.

Cada una de las dos piezas polares (P1, P2) tenía las siguientes dimensiones: 60 mm (L4) x 40 mm (L5) x 3 mm (L6). Las dos piezas polares (P1, P2) estaban hechas de hierro (ARMCO®).

Los imanes dipolo de dos barras (M1, M2) y las dos piezas polares (P1, P2) se dispusieron para formar un cubo rectangular con un hueco cúbico rectangular centrado, consistiendo dicho vacío en el área A en donde el campo magnético era sustancialmente homogéneo y en donde las líneas del campo magnético eran sustancialmente paralelas entre sí, de modo que la distancia (d_2) entre las dos piezas polares (P1, P2) era de unos 40 mm, es decir, la distancia (d_2) entre las dos piezas polares (P1, P2) era la longitud (L1) de los dos imanes dipolo de barra (M1, M2). Como se muestra en la figura 13, el campo magnético era sustancialmente homogéneo en el área A.

E1 (figura 2, figuras 12A-B, figura 14A)

La tinta de serigrafía curable por UV-Vis de la Tabla 1 se aplicó sobre un trozo de papel revestido negro (45 mm x 60 mm) (110) para formar una primera capa de revestimiento (30 mm x 19 mm) (120a), en donde dicha etapa de aplicación se llevó a cabo con un dispositivo de serigrafía de laboratorio que usa una pantalla 90T para formar la capa que tiene un grosor de aproximadamente 20 μm .

Mientras que la capa de revestimiento (120a) todavía estaba húmeda y todavía no estaba al menos parcialmente curada, el sustrato (110) se colocó encima del centro de una placa de soporte (300 mm x 40 mm x 1 mm) hecha de polietileno de alta densidad (HDPE). La placa de soporte que lleva el sustrato (110) se movió a una velocidad de aproximadamente 10 cm/s al lado del dispositivo de generación de campo magnético (como se ilustra en la Figura 12A) a una distancia (d_5) de aproximadamente 20 mm entre la superficie del dispositivo de generación del campo magnético que mira hacia el sustrato (110) y el borde más cercano de la primera capa de revestimiento (120a), y una altura entre dicho borde de la primera capa de revestimiento más cercana (120a) y la superficie inferior del dispositivo de generación de campo magnético

es la mitad la longitud ($\frac{1}{2} L1$) de los imanes dipolo de barra (M1-M9). La placa de soporte que lleva el sustrato (110) se movió simultáneamente adoptando un ángulo α , formado por la primera capa de revestimiento (120a) y una tangente a las líneas del campo magnético del campo magnético del dispositivo de generación de campo magnético dentro del área A en la que el campo magnético era homogéneo, teniendo dicho ángulo α un valor de aproximadamente 20° , lo que permite que las partículas se orienten con un ángulo de elevación de aproximadamente 20° , lo que permite que las partículas se orienten con un ángulo de elevación γ_1 de aproximadamente 20° .

La primera capa de revestimiento (120a) se curó al menos parcialmente para formar la primera zona (120a), dicho curado se lleva a cabo mediante una unidad de curado (lámpara LED UV (FireFly 395 nm, 4 W/cm², de Phoseon) dispuesta sobre la trayectoria del sustrato a una distancia (d4) de aproximadamente 15 mm para el centro de la longitud (L1) del imán dipolo de barra (M1-M9), junto al espacio entre los imanes dipolo octavo y noveno (M8 y M9) y al lado del imán dipolo de barra novena (M9) a una distancia (d3) de unos 10 mm.

La tinta de serigrafía curable por UV-Vis de la Tabla 1 se aplicó sobre la pieza de papel revestido negro (110) para formar una segunda capa de revestimiento (30 mm x 19 mm) (120b), adyacente (a lo largo del borde de 19 mm) a la primera zona (120a), utilizando el mismo dispositivo de serigrafía 90T de laboratorio. Las capas de revestimiento combinadas resultantes (120a y 120b) tenían una superficie total de 30 mm x 38 mm.

Mientras que la segunda capa de revestimiento (120b) todavía estaba húmeda y todavía no estaba al menos parcialmente curada, el sustrato (110) se colocó encima del centro de la placa de soporte (300 mm x 40 mm x 1 mm) hecha de polietileno de alta densidad (HDPE). La placa de soporte que lleva el sustrato (110) se movió a una velocidad de aproximadamente 10 cm/s al lado del mismo dispositivo de generación de campo magnético (como se ilustra en las figuras 12A-B) a la misma distancia (d5) de aproximadamente 20 mm entre la superficie del dispositivo de generación de campo magnético que mira hacia el sustrato (110) y el borde más cercano de la segunda capa de revestimiento (120b), y una altura entre dicho borde de la segunda capa de revestimiento más cercana (120b) y la superficie inferior del dispositivo de generación de campo magnético siendo la mitad de la longitud ($\frac{1}{2} L1$) de los imanes dipolo de barra (M1-M9). La placa de soporte que lleva el sustrato (110) se movió simultáneamente adoptando un ángulo α , formado por la capa de revestimiento (120b) y una tangente a las líneas del campo magnético del campo magnético del dispositivo de generación de campo magnético dentro del área A en donde el campo magnético era homogéneo, teniendo dicho ángulo α un valor de aproximadamente 160° , lo que permite que las partículas se orienten con un ángulo de elevación de aproximadamente 160° , lo que permite que las partículas se orienten con un ángulo de elevación γ_2 de aproximadamente 160° .

La segunda capa de revestimiento (120b) se curó al menos parcialmente para formar la segunda zona (120b), dicho curado se lleva a cabo por la unidad de curado (lámpara LED UV (FireFly 395 nm, 4 W/cm², de Phoseon) dispuesta sobre la trayectoria del sustrato a una distancia (d4) de aproximadamente 15 mm para el centro de la longitud (L1) del imán dipolo de barra (M1-M9), al lado del espacio entre los imanes dipolo octavo y noveno (M8 y M9) y al lado del imán dipolo de barra novena (M9) a una distancia (d3) de aproximadamente 10 mm para formar la segunda zona (120b), proporcionando así la imagen inducida magnéticamente (120).

Se imprimió un código QR (25 mm x 25 mm) mediante impresión de inyección de tinta en la imagen inducida magnéticamente (120), de modo que el código QR se ubicó en el centro de dicha capa (120), con tinta negra (Sicurajet SUV Black de Siegwirk) utilizando un cabezal de impresión Konica Minolta (KM1024i). El código QR impreso con inyección de tinta se curó al menos parcialmente con una lámpara de mercurio (500 mJ/cm²).

La muestra resultante del Ejemplo E1 se muestra en la figura 14A (izquierda: ángulo de visión θ_1 de $+22^\circ$; derecha: ángulo de visión θ_2 de -22°).

E2 (figura 2C, figura 13, figura 14B)

La tinta de serigrafía curable por UV-Vis de la Tabla 1 se aplicó sobre un trozo de papel revestido negro (45 mm x 60 mm) (110) para formar una primera capa de revestimiento (30 mm x 19 mm) (120a), en donde dicha etapa de aplicación se llevó a cabo con un dispositivo de serigrafía de laboratorio que usa una pantalla 90T para formar la capa que tiene un grosor de aproximadamente 20 μ m.

Mientras que la primera capa de revestimiento (120a) todavía estaba húmeda y todavía no estaba al menos parcialmente curada, el sustrato (110) se colocó encima del centro de una placa de soporte (300 mm x 40 mm x 1 mm) hecha de polietileno de alta densidad (HDPE). La placa de soporte que lleva el sustrato (110) se dispuso en el centro del vacío del conjunto magnético como se ilustra en la figura 13 mientras adoptaba un ángulo α , formado por la primera capa de revestimiento (120a) y una tangente a las líneas del campo magnético del campo magnético del dispositivo de generación de campo magnético dentro del área A en la que el campo magnético era homogéneo, que tiene un valor de aproximadamente 8° , lo que permite que las partículas se orienten con un ángulo de elevación γ_1 de unos 8° .

Después de aproximadamente 1 segundo, la primera capa de revestimiento (120a) se curó al menos parcialmente para formar la primera zona (120a), dicho curado se lleva a cabo mediante una unidad de curado (lámpara LED UV (FireFly 395 nm, 4 W/cm², de Phoseon) como se ilustra en la figura 13.

La tinta de serigrafía curable por UV-Vis de la Tabla 1 se aplicó sobre la pieza de papel revestido negro (110) para formar una segunda capa de revestimiento (30 mm x 19 mm) (120b), adyacente (a lo largo del borde de 19 mm) a la primera zona (120a), utilizando el mismo dispositivo de serigrafía 90T de laboratorio. Las capas de revestimiento combinadas resultantes (120a y 120b) tenían una superficie total de 30 mm x 38 mm.

Mientras que la segunda capa de revestimiento (120b) todavía estaba húmeda y todavía no estaba al menos parcialmente curada, el sustrato (110) se colocó encima del centro de una placa de soporte (300 mm x 40 mm x 1 mm) hecha de polietileno de alta densidad (HDPE). La placa de soporte que lleva el sustrato (110) y la segunda capa de revestimiento (120b) se dispusieron en el centro del vacío del conjunto magnético como se ilustra en la figura 13 mientras adoptaban un ángulo α , formado por la segunda capa de revestimiento (120b) y una tangente a las líneas del campo magnético del campo magnético del dispositivo de generación de campo magnético dentro del área A en donde el campo magnético era homogéneo, que tiene un valor de aproximadamente 172 °, lo que permite que las partículas se orienten con un ángulo de elevación γ_2 de unos 172 °.

Después de aproximadamente 1 segundo, la segunda capa de revestimiento (120b) se curó al menos parcialmente para formar la segunda zona (120b), dicho curado se lleva a cabo mediante una unidad de curado (lámpara LED UV (FireFly 395 nm, 4 W/cm², de Phoseon) para formar la segunda zona (120b), proporcionando así la capa inducida magnéticamente (120).

Se imprimió un código QR (25 mm x 25 mm) mediante impresión por inyección de tinta en la capa inducida magnéticamente (120), de modo que el código QR se ubicó en el centro de dicha capa (120) con una tinta negra (Sicurajet SUV Black de Siegwerk) utilizando un cabezal de impresión Konica Minolta (KM1024i). El código QR impreso con inyección de tinta se curó al menos parcialmente con una lámpara de mercurio (500 mJ/cm²).

La muestra resultante del Ejemplo E2 se muestra en la figura 14B (izquierda: ángulo de visión θ_1 de +10°; derecha: ángulo de visión θ_2 de -10 °).

E3 y E4 (figura 2C, figuras 12A-B, figura 13, figuras 14C-D)

Se aplicó una pieza de 10 mm x 10 mm del sustrato (110) obtenido en el Ejemplo E1 o en el Ejemplo E2 que lleva únicamente la capa inducida magnéticamente (120) (10 mm x 5 mm) y se pegó sobre una hoja de papel blanco revestido (50 mm x 50 mm).

Se imprimió un código QR (25 mm x 25 mm) mediante impresión por inyección de tinta en la capa inducida magnéticamente (120), de modo que la zona tranquila del código QR se ubicó encima de dicha capa (120) con una tinta negra (Sicurajet SUV Black de Siegwerk) usando un cabezal de impresión Konica Minolta (KM1024i), como se ilustra en las figuras 14C y 14D. El código QR impreso con inyección de tinta se curó al menos parcialmente con una lámpara de mercurio (500 mJ/cm²).

La muestra resultante del Ejemplo E3 se muestra en la figura 14C (izquierda: ángulo de visión θ_1 de +22°; derecha: ángulo de visión θ_2 de -22°). La muestra resultante E4 se muestra 14D (izquierda: ángulo de visión θ_1 de +10°; derecha: ángulo de visión θ_2 de -10 °).

La materia objeto divulgada anteriormente se debe considerar a efectos ilustrativos y no restrictivos, y sirve para proporcionar una mejor comprensión de la invención definida en las reivindicaciones independientes.

REIVINDICACIONES

1. Una marca de seguridad (100) que comprende:

- 5 un sustrato aplanado (110);
una capa inducida magnéticamente (120) de un material que comprende partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta reflectantes orientadas magnéticamente, aplicándose la capa inducida magnéticamente sobre el sustrato (110), **caracterizada porque** la capa inducida magnéticamente comprende una primera zona (120a), en donde dichas partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de
10 plaqueta reflectantes orientadas magnéticamente tienen sus caras planas orientadas en una primera dirección, y una segunda zona (120b), distinta de la primera zona (120a), en donde dichas partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta reflectantes orientadas magnéticamente tienen sus caras planas orientadas en una segunda dirección distinta de la primera dirección, teniendo las partículas en forma de plaqueta en la primera zona (120a) caras planas con un ángulo de elevación γ_1 con respecto a
15 un plano del sustrato (110) y teniendo las partículas en forma de plaqueta en la segunda zona (120b) caras planas con un ángulo de elevación γ_2 con respecto al plano del sustrato (110), estando cada ángulo agudo de las caras planas con respecto al plano del sustrato en un intervalo de aproximadamente 5° a aproximadamente 25° ;
una marca legible por máquina (130) que incluye un patrón de referencia (133) y un patrón de código (134)
20 que representa datos codificados, aplicándose la marca legible por máquina (130), respectivamente, sobre una cara superior (121) de la capa inducida magnéticamente (120) o bien sobre el sustrato (110) entre dicho sustrato y una cara trasera (122) de la capa inducida magnéticamente (120), estando dispuesta una primera área (134a) del patrón de código (134) enfrente de la primera zona (120a) y estando dispuesta una segunda área restante (134b) del patrón de código (134) enfrente de la segunda zona (120b).

2. La marca de seguridad de acuerdo con la reivindicación 1, en donde

a) dichas partículas de pigmento comprenden:

- 30 un metal magnético seleccionado del grupo que consiste en cobalto, hierro, gadolinio y níquel;
una aleación magnética de hierro, cromo, manganeso, cobalto, níquel o una mezcla de dos o más de los mismos;
un óxido magnético de cromo, manganeso, cobalto, hierro, níquel o una mezcla de dos o más de los mismos;
o
35 una mezcla de dos o más de los mismos; o

b) el patrón de código es uno cualquiera de un código de barras unidimensional, un código de barras unidimensional apilado, un código de barras bidimensional y un código de barras tridimensional.

3. La marca de seguridad de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 y 2, en donde la primera zona (120a) y la segunda zona (120b) de la capa inducida magnéticamente (120) pertenecen a una misma capa individual de material.

4. La marca de seguridad de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 y 2, en donde la primera zona (120a) y la segunda zona (120b) de la capa inducida magnéticamente (120) pertenecen, respectivamente, a una primera subcapa y a una segunda subcapa adyacentes que forman la capa inducida magnéticamente (120).

5. La marca de seguridad de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde la marca legible por máquina (130) se aplica sobre la cara superior (121) de la capa inducida magnéticamente (120) y se codifica con símbolos oscuros y se aplica una capa de imprimación oscura (140) sobre el sustrato (110), y la cara trasera (122) de la capa inducida magnéticamente (120) se aplica sobre una cara superior (141) de la capa de imprimación oscura (140).

6. La marca de seguridad de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde la marca legible por máquina (130) se aplica sobre la cara superior (121) de la capa inducida magnéticamente (120) y se codifica con símbolos brillantes y una capa de imprimación oscura (140), preferentemente se aplica una imprimación negra sobre el sustrato (110), y la cara trasera (122) de la capa inducida magnéticamente (120) se aplica sobre una cara superior (141) de la capa de imprimación oscura (140).

7. La marca de seguridad de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde la marca legible por máquina (130) se aplica sobre el sustrato (110) y se codifica con símbolos oscuros.

8. Un método para leer y decodificar la marca de seguridad (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, con un dispositivo portátil (200) equipado con una fuente de luz (201) operable para suministrar luz de iluminación, un generador de imágenes (202) y un procesador equipado con una memoria

y adaptado para realizar operaciones de procesamiento y decodificación de imágenes, que comprende las etapas de:

- 5 disponer la marca de seguridad (100) dentro de un campo de visión del generador de imágenes (202);
iluminar la marca de seguridad (100) con luz de iluminación suministrada por la fuente de luz (201);
adquirir una primera imagen digital de la marca de seguridad (100) con el generador de imágenes (202) en un primer ángulo de visión θ_1 asociado con el primer ángulo de elevación γ_1 y almacenar la primera imagen digital adquirida en la memoria;
adquirir una segunda imagen digital de la marca de seguridad (100) con el generador de imágenes en un
10 segundo ángulo de visión θ_2 asociado con el segundo ángulo de elevación γ_2 y almacenar la segunda imagen digital adquirida en la memoria;
formar, a través del procesamiento de imágenes con el procesador, una imagen digital compuesta del patrón de código (134) de la primera imagen digital almacenada y la segunda imagen digital almacenada alineándola con respecto al patrón de referencia (133), detectado en la primera imagen digital y la segunda imagen digital,
15 correspondiendo una primera parte del patrón de código (134) a la primera área (134a) del patrón de código detectado en la primera imagen digital y correspondiendo una segunda parte del patrón de código (134) a la segunda área (134b) del patrón de código detectado en la segunda imagen digital y almacenar la imagen digital compuesta obtenida en la memoria;
leer y decodificar con el procesador el patrón de código (134) de la imagen digital compuesta almacenada.
20
9. Un dispositivo portátil (200) para leer y decodificar la marca de seguridad (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, que comprende:

una fuente de luz (201) operable para suministrar luz de iluminación;
25 un generador de imágenes (202); y
un procesador equipado con una memoria,

caracterizado porque el dispositivo portátil está adaptado para realizar las etapas de:

- 30 iluminar la marca de seguridad (100) con luz de iluminación suministrada por la fuente de luz (201);
adquirir una primera imagen digital de la marca de seguridad (100) con el generador de imágenes (202) en un primer ángulo de visión θ_1 asociado con el primer ángulo de elevación γ_1 y almacenar la primera imagen digital adquirida en la memoria;
adquirir una segunda imagen digital de la marca de seguridad (100) con el generador de imágenes en un
35 segundo ángulo de visión θ_2 asociado con el segundo ángulo de elevación γ_2 y almacenar la segunda imagen digital adquirida en la memoria;
formar, a través del procesamiento de imágenes con el procesador, una imagen digital compuesta del patrón de código (134) de la primera imagen digital almacenada y la segunda imagen digital almacenada alineándola con respecto al patrón de referencia (133), detectado en la primera imagen digital y la segunda imagen digital,
40 correspondiendo una primera parte del patrón de código (134) a la primera área (134a) del patrón de código detectado en la primera imagen digital y correspondiendo una segunda parte del patrón de código (134) a la segunda área (134b) del patrón de código detectado en la segunda imagen digital y almacenar la imagen digital compuesta obtenida en la memoria;
leer y decodificar con el procesador el patrón de código (134) de la imagen digital compuesta almacenada.
45
10. Un documento de seguridad (150) suministrado por una autoridad a un usuario, **caracterizado por** comprender:
una marca de seguridad (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7 aplicada sobre el documento de seguridad (150), en donde los datos codificados en el patrón de código (134) de la marca de
50 seguridad (100) contienen datos de identidad digital correspondientes al usuario y una firma digital de dichos datos de identidad digital del usuario, obteniéndose la firma digital suministrada por la autoridad al firmar los datos de identidad digital del usuario con una clave criptográfica.

11. Un método para verificar un documento de seguridad (150) de un usuario de acuerdo con la
55 reivindicación 10, con un dispositivo portátil (200) de acuerdo con la reivindicación 9 equipado además con una unidad de comunicación operable para enviar y recibir datos a través de la red de comunicación (CN) a un servidor (S) de la autoridad conectado a una base de datos (DB) que almacena la clave criptográfica y una clave de descifrado correspondiente, que comprende las etapas de:

60 disponer la marca de seguridad (100) dentro de un campo de visión del generador de imágenes (202);
iluminar la marca de seguridad (100) del documento de seguridad (150) con la fuente de luz (201);
adquirir una primera imagen digital de la marca de seguridad iluminada (100) con el generador de imágenes (202) en un primer ángulo de visión θ_1 asociado con el primer ángulo de elevación γ_1 y almacenar la primera imagen digital adquirida en la memoria;
65 adquirir una segunda imagen digital de la marca de seguridad iluminada (100) con el generador de imágenes (202) en un segundo ángulo de visión θ_2 asociado con el segundo ángulo de elevación γ_2 y almacenar la

segunda imagen digital adquirida en la memoria;

formar, a través del procesamiento de imágenes con el procesador, una imagen digital compuesta del patrón de código (134) de la primera imagen digital almacenada y la segunda imagen digital almacenada alineándola con respecto al patrón de referencia (133), detectado en la primera imagen digital y la segunda imagen digital, correspondiendo una primera parte del patrón de código (134) a la primera área (134a) del patrón de código detectado en la primera imagen digital y correspondiendo una segunda parte del patrón de código (134) a la segunda área (134b) del patrón de código detectado en la segunda imagen digital;

leer y decodificar el patrón de código (134) de la imagen digital compuesta, y extraer de los datos decodificados del patrón de código datos de identidad de un usuario y una firma digital de dichos datos de identidad del usuario, mediante operaciones de procesamiento y decodificación de imágenes con el procesador, y almacenar los datos de identidad del usuario extraídos y la firma digital en la memoria;

enviar un primer mensaje (M1) que contiene los datos de identidad del usuario extraídos y la firma digital almacenada en la memoria a través de la unidad de comunicación (CN) al servidor (S);

descifrar en el servidor (S) la firma digital extraída recibida en el primer mensaje (M1) del dispositivo portátil (200) con la clave de descifrado almacenada en la base de datos (DB), y verificar si los datos de identidad del usuario extraídos recibidos en el primer el mensaje (M1) coinciden con la firma digital extraída recibida; y en caso de coincidir, enviar de vuelta al dispositivo portátil (200) un mensaje de servidor (SM) que indica una correcta verificación de los datos de identidad del usuario.

12. Método de acuerdo con la reivindicación 11, que comprende, antes de la etapa de enviar de vuelta un mensaje de servidor al dispositivo portátil (200), las etapas preliminares de:

iluminar la capa inducida magnéticamente (120) con la fuente de luz (201) y adquirir una pluralidad de imágenes digitales de la capa inducida magnéticamente (120) iluminada con el generador de imágenes (202), estando el generador de imágenes (202) para cada imagen digital diferente en un ángulo de visión θ distinto correspondiente con respecto a dicha capa inducida magnéticamente (120), moviendo el generador de imágenes (202) con respecto a la capa inducida magnéticamente (120) en paralelo al plano del sustrato (110);

para cada imagen digital adquirida, calcular, con el procesador, respectivamente, la intensidad I correspondiente de luz reflejada por la capa magnéticamente inducida (120) y recogida por el generador de imágenes (202) en el correspondiente ángulo de visión θ , y almacenar las intensidades calculadas de la luz reflejada y los correspondientes ángulos de visión para obtener una correspondiente curva de intensidad de luz reflejada $I(\theta)$;

enviar con la unidad de comunicación un segundo mensaje (M2) al servidor (S) a través de la red de comunicación (CN) que contiene la curva de intensidad de luz reflejada obtenida $I(\theta)$;

comparar en el servidor (S) la curva de intensidad de luz reflejada $I(\theta)$ recibida en el segundo mensaje (M2) con una curva de intensidad de luz reflejada de referencia $I_{ref}(\theta)$ para dicha capa inducida magnéticamente (120) almacenada en la base de datos (DB);

determinar en el servidor (S) si la capa inducida magnéticamente (120) es auténtica en función de un resultado de la comparación; y

en caso de que se determine que la capa inducida magnéticamente (120) es auténtica, enviar de vuelta al dispositivo portátil (200) el mensaje del servidor (SM) que indica una correcta verificación de los datos de identidad del usuario junto con una indicación de que la marca de seguridad (100) es auténtica, y enviar mediante el servidor (S) a través de la red de comunicación (CN) un mensaje de autorización del servidor (SAM) a un dispositivo de comunicación del usuario que contiene datos de acceso que otorgan al usuario acceso a un servicio.

13. Método de acuerdo con la reivindicación 11, que comprende, en caso de que el servidor (S) suministre un mensaje de servidor (SM) indicando una correcta verificación de los datos de identidad del usuario, las etapas adicionales de:

iluminar la capa inducida magnéticamente (120) con la fuente de luz (201) y adquirir una pluralidad de imágenes digitales de la capa inducida magnéticamente (120) iluminada con el generador de imágenes (202), estando el generador de imágenes (202) para cada imagen digital diferente en un ángulo de visión θ distinto correspondiente con respecto a dicha capa inducida magnéticamente (120), moviendo el generador de imágenes (202) con respecto a la capa inducida magnéticamente (120) en paralelo al plano del sustrato (110);

para cada imagen digital adquirida, calcular, con el procesador, respectivamente, la intensidad I correspondiente de luz reflejada por la capa magnéticamente inducida (120) y recogida por el generador de imágenes (202) en el correspondiente ángulo de visión θ , y determinar con las intensidades calculadas de la luz reflejada y los correspondientes ángulos de visión una correspondiente curva de intensidad de luz reflejada $I(\theta)$;

comparar a través del procesador la curva de intensidad de luz reflejada $I(\theta)$ con una curva de intensidad de luz reflejada de referencia $I_{ref}(\theta)$ para dicha capa inducida magnéticamente (120) almacenada en la memoria;

determinar si la capa inducida magnéticamente (120) es auténtica en función de un resultado de la comparación y, en caso de que se determine que la capa inducida magnéticamente (120) es auténtica, enviar

al servidor (S), con la unidad de comunicación a través de la red de comunicación (CN), un mensaje (M) que indica que la marca de seguridad (100) es auténtica; y
 en caso de recibir en el servidor (S) un mensaje (M) del dispositivo portátil (200) que indique que la marca de seguridad (100) es auténtica, enviar de vuelta mediante el servidor (S) a través de la red de comunicación (CN) un mensaje de autorización del servidor (SAM) a un dispositivo de comunicación del usuario que contiene datos de acceso que otorgan al usuario acceso a un servicio.

14. Un sistema para verificar un documento de seguridad (150) de acuerdo con la reivindicación 10 suministrado por una autoridad a un usuario, que comprende:

un servidor (S) de la autoridad conectado a la base de datos (DB) que almacena la clave criptográfica y una clave de descifrado correspondiente, y operable para enviar y recibir datos a través de una red de comunicación (CN); y
 un dispositivo portátil (200) de acuerdo con la reivindicación 9 para leer y decodificar una marca de seguridad (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7 aplicada sobre el documento de seguridad (150), que comprende:

una fuente de luz (201) operable para suministrar luz de iluminación;
 un generador de imágenes (202);
 una unidad de comunicación operable para recibir y enviar datos a través de la red de comunicación (CN) al servidor (S); y
 un procesador equipado con una memoria y adaptado para realizar operaciones de procesamiento y decodificación de imágenes, y adaptado para llevar a cabo las etapas de:

iluminar la marca de seguridad (100) con luz de iluminación suministrada por la fuente de luz (201);
 adquirir una primera imagen digital de la marca de seguridad (100) con el generador de imágenes (202) en un primer ángulo de visión θ_1 asociado con el primer ángulo de elevación γ_1 y almacenar la primera imagen digital adquirida en la memoria;
 adquirir una segunda imagen digital de la marca de seguridad (100) con el generador de imágenes en un segundo ángulo de visión θ_2 asociado con el segundo ángulo de elevación γ_2 y almacenar la segunda imagen digital adquirida en la memoria;
 formar, a través del procesamiento de imágenes con el procesador, una imagen digital compuesta del patrón de código (134) de la primera imagen digital almacenada y la segunda imagen digital almacenada alineándola con respecto al patrón de referencia (133), detectado en la primera imagen digital y la segunda imagen digital, correspondiendo una primera parte del patrón de código (134) a la primera área (134a) del patrón de código detectado en la primera imagen digital y correspondiendo una segunda parte del patrón de código (134) a la segunda área (134b) del patrón de código detectado en la segunda imagen digital y almacenar la imagen digital compuesta obtenida en la memoria;
 leer y decodificar con el procesador el patrón de código (134) de la imagen digital compuesta almacenada;
 en donde el sistema está adaptado, además, para llevar a cabo las etapas de:

extraer de los datos decodificados del patrón de código datos de identidad del usuario y una firma digital de dichos datos de identidad del usuario, mediante operaciones de procesamiento y decodificación de imágenes con el procesador, y almacenar los datos de identidad del usuario extraídos y la firma digital en la memoria;
 enviar un primer mensaje (M1) que contiene los datos de identidad del usuario extraídos y la firma digital almacenada en la memoria a través de la unidad de comunicación (CN) al servidor (S);
 descifrar en el servidor (S) la firma digital extraída recibida en el primer mensaje (M1) del dispositivo portátil (200) con la clave de descifrado almacenada en la base de datos (DB), y verificar si los datos de identidad del usuario extraídos recibidos en el primer mensaje (M1) coinciden con la firma digital extraída recibida; y
 en caso de coincidir, enviar de vuelta al dispositivo portátil (200) un mensaje de servidor (SM) que indica una correcta verificación de los datos de identidad del usuario.

15. El sistema de acuerdo con la reivindicación 14, en donde

el servidor (S) está adaptado, además, para enviar datos a través de la red de comunicación (CN) a un dispositivo de comunicación del usuario; y
 el servidor (S) y el dispositivo portátil (200) están adaptados, además, para llevar a cabo las etapas del método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 12 y 13 de verificar el documento de seguridad (150) del usuario.

DIBUJOS

Fig. 1

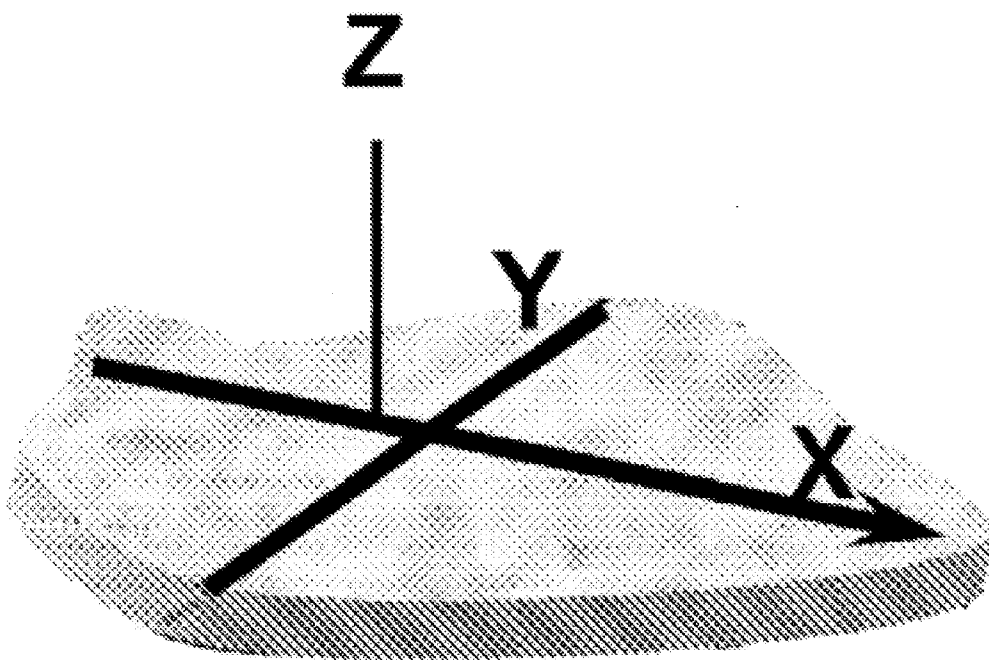


Fig. 2A

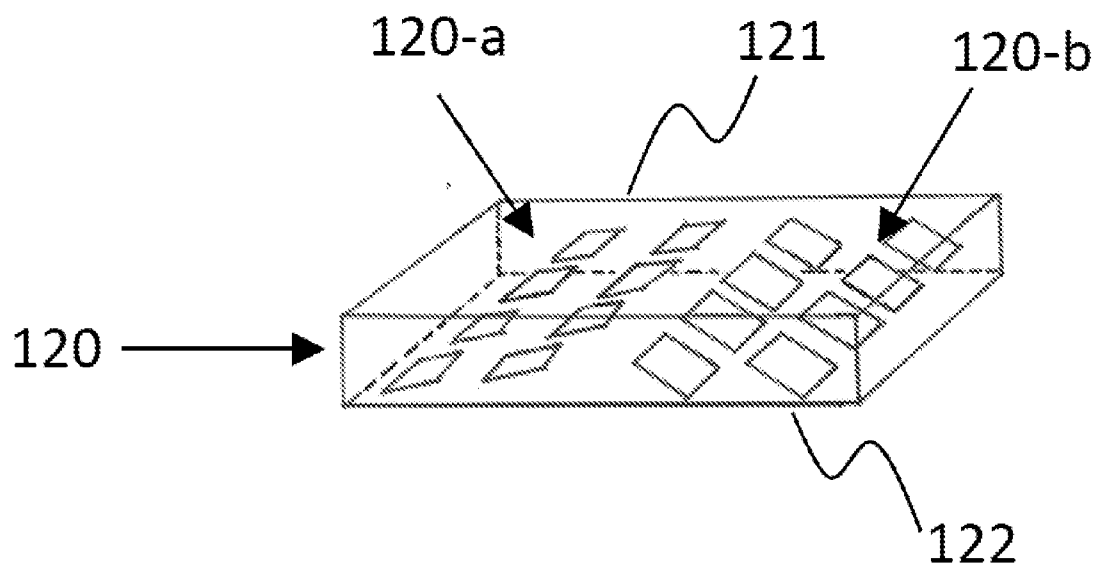


Fig. 2B

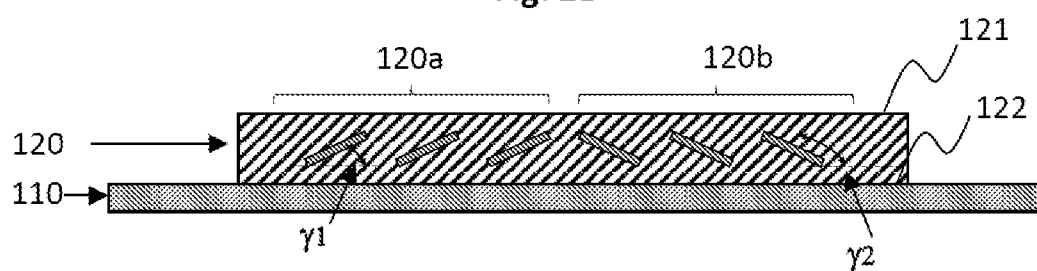


Fig. 2C

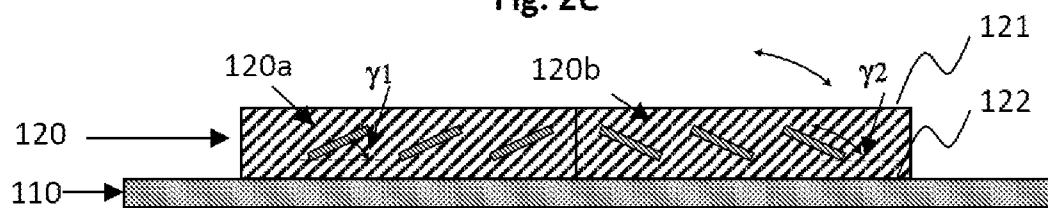


Fig. 3

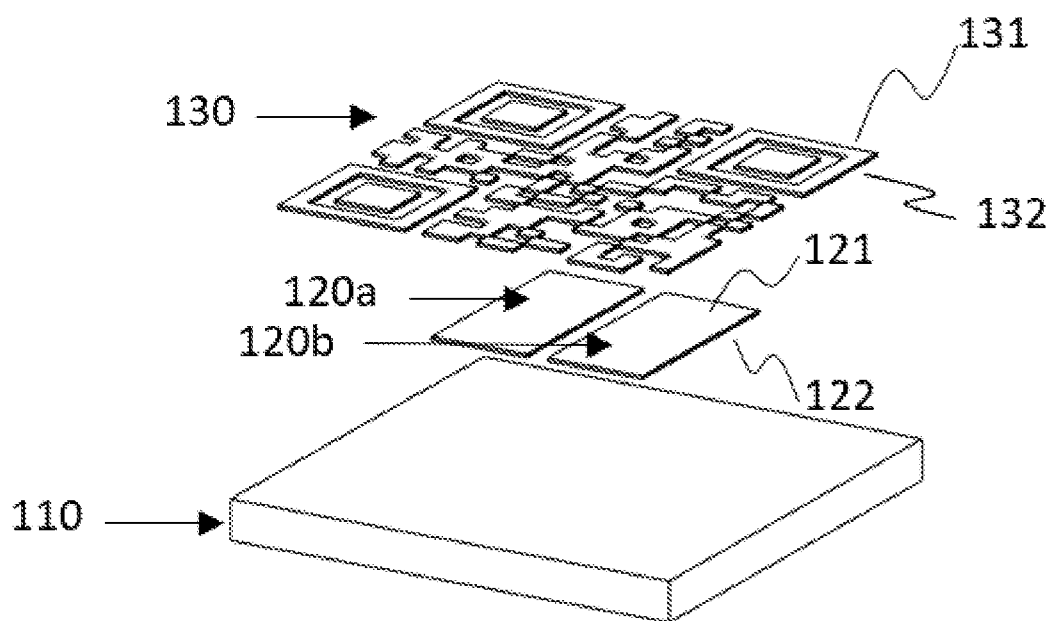


Fig. 4A

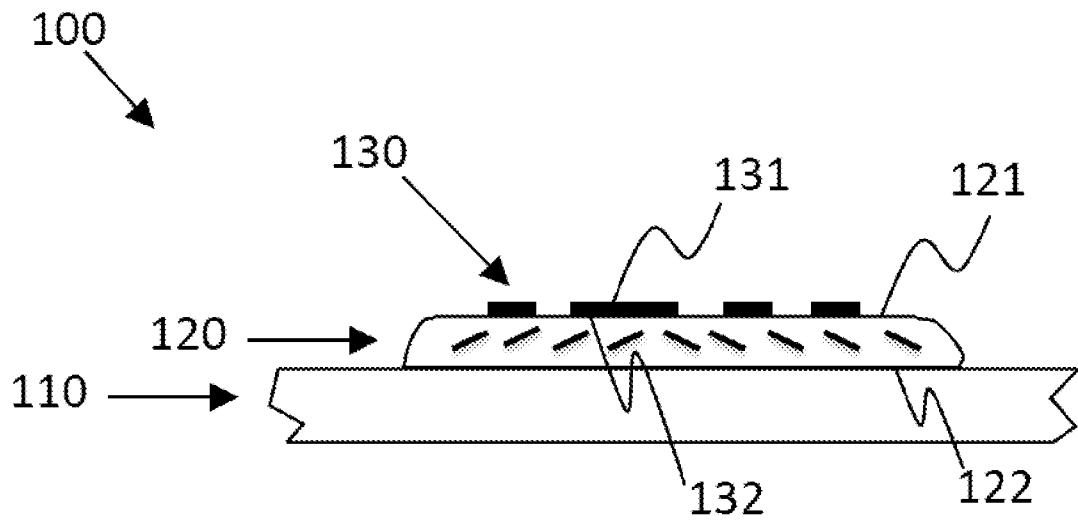


Fig. 4B

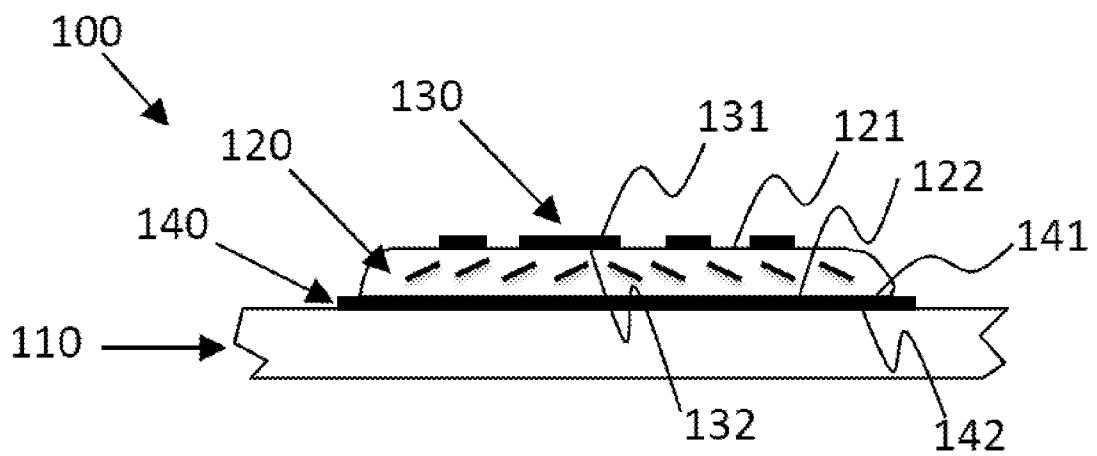


Fig. 4C

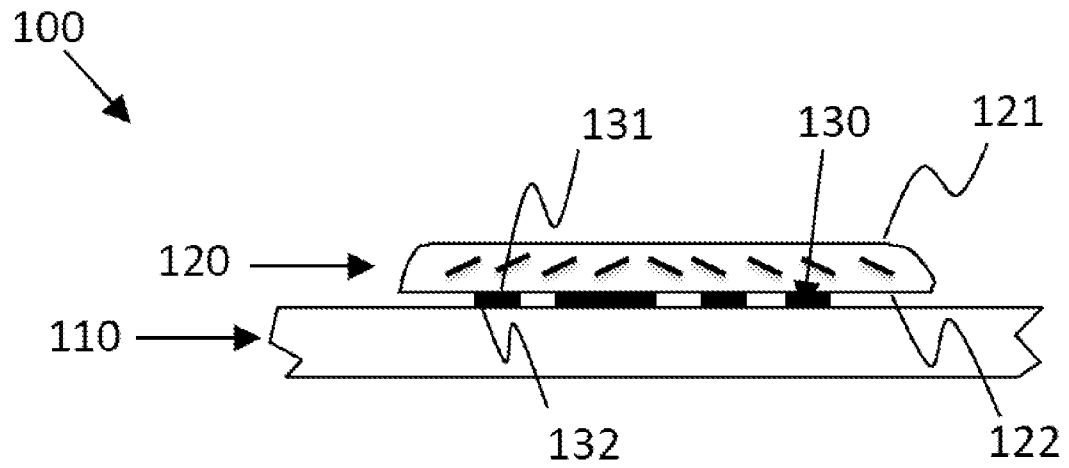


Fig. 5A

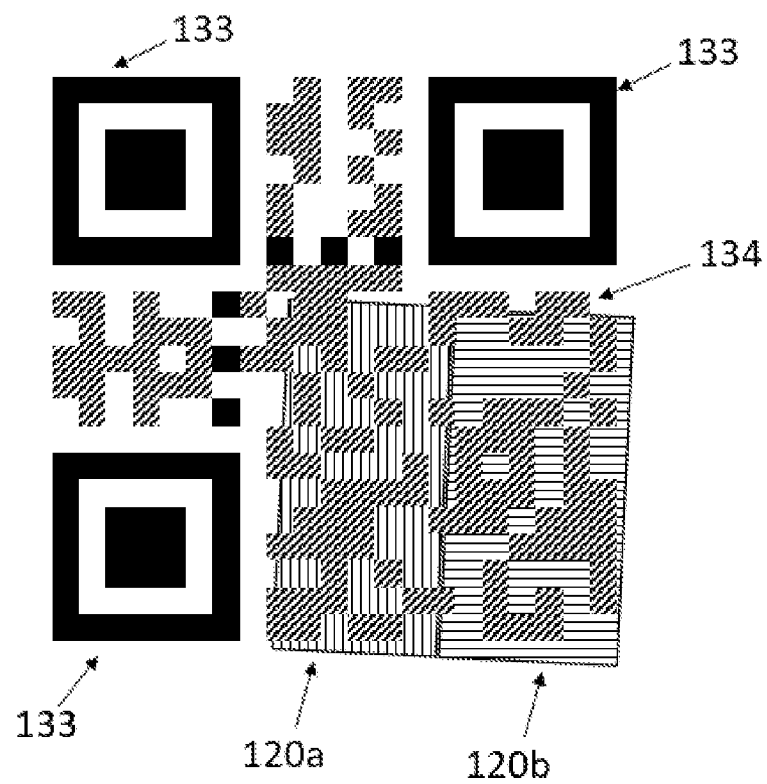


Fig. 5B

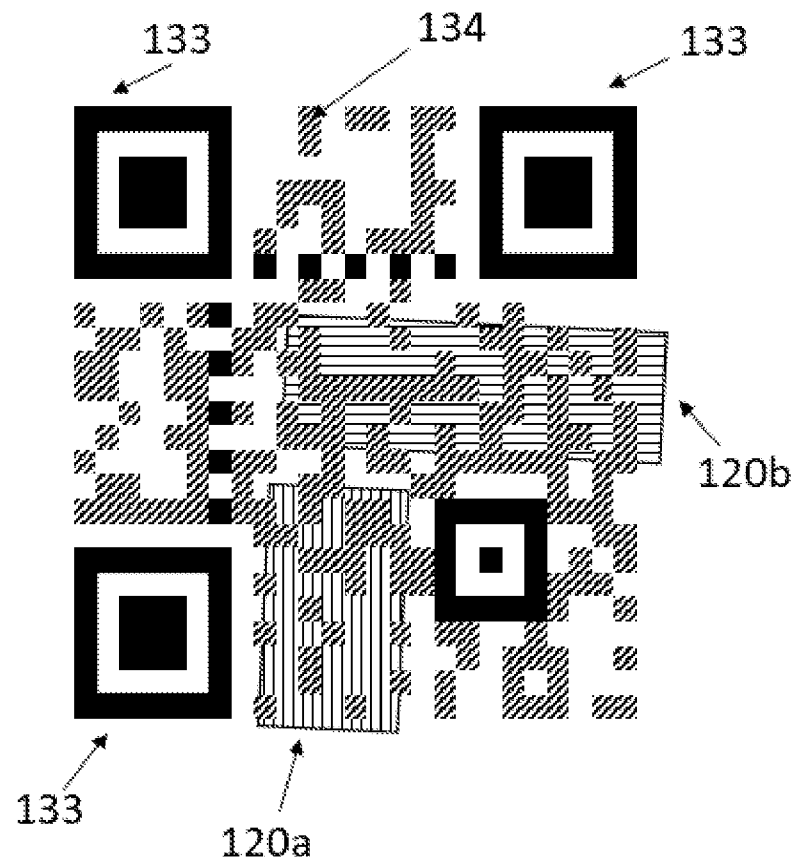


Fig. 5C

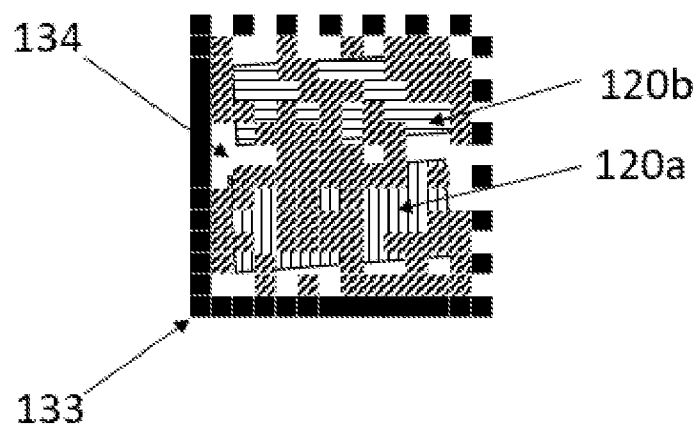


Fig. 6A

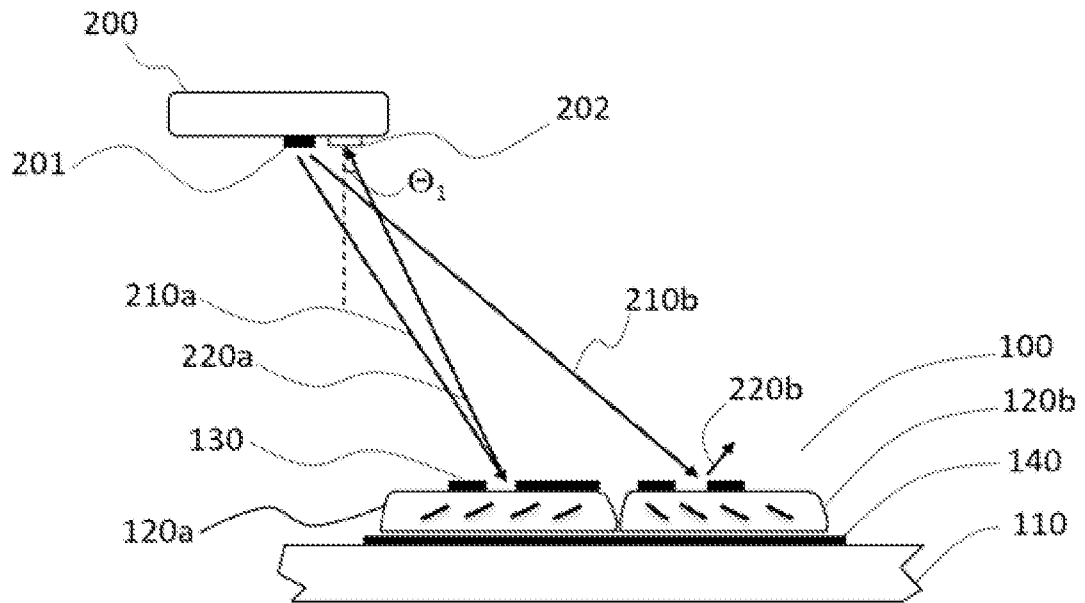


Fig. 6B

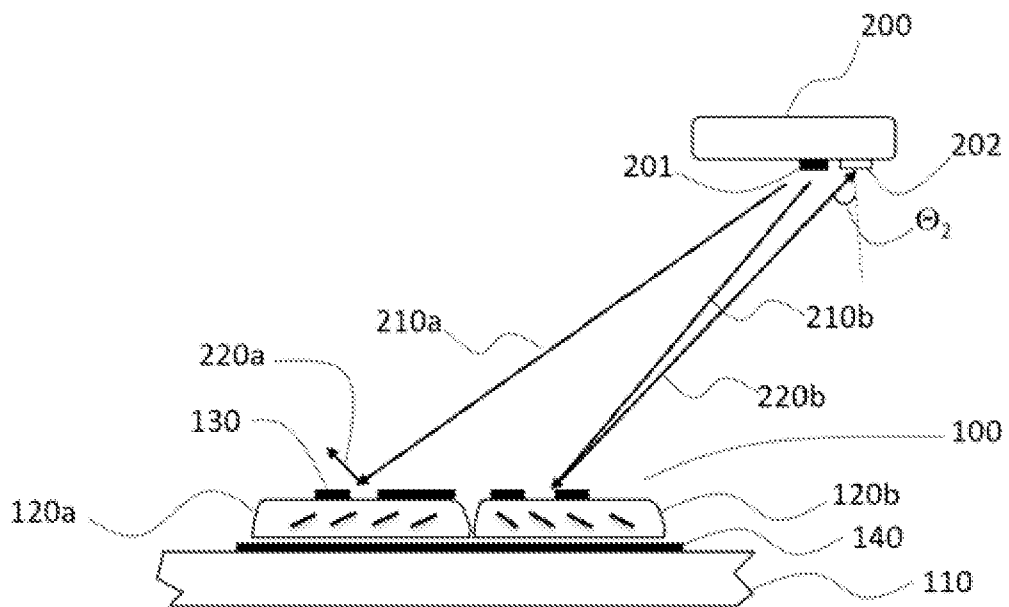


Fig. 7

700

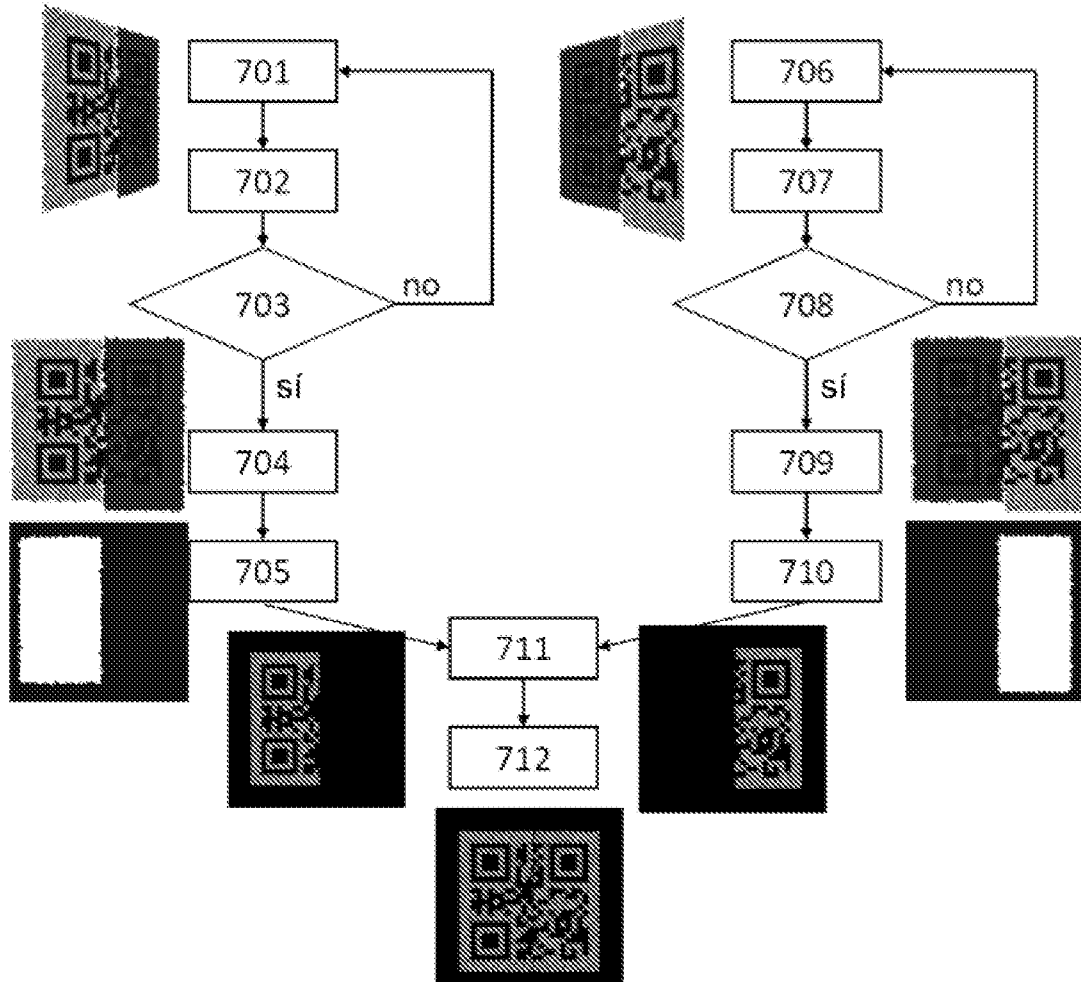


Fig. 8A

800

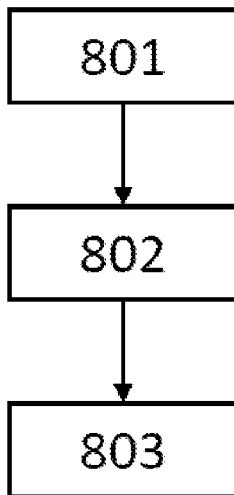


Fig. 8B

800

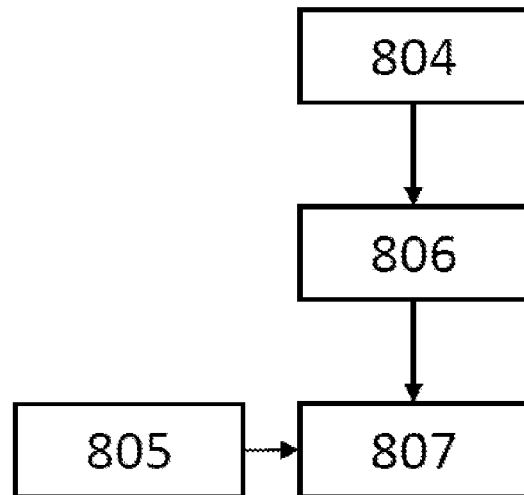


Fig. 9

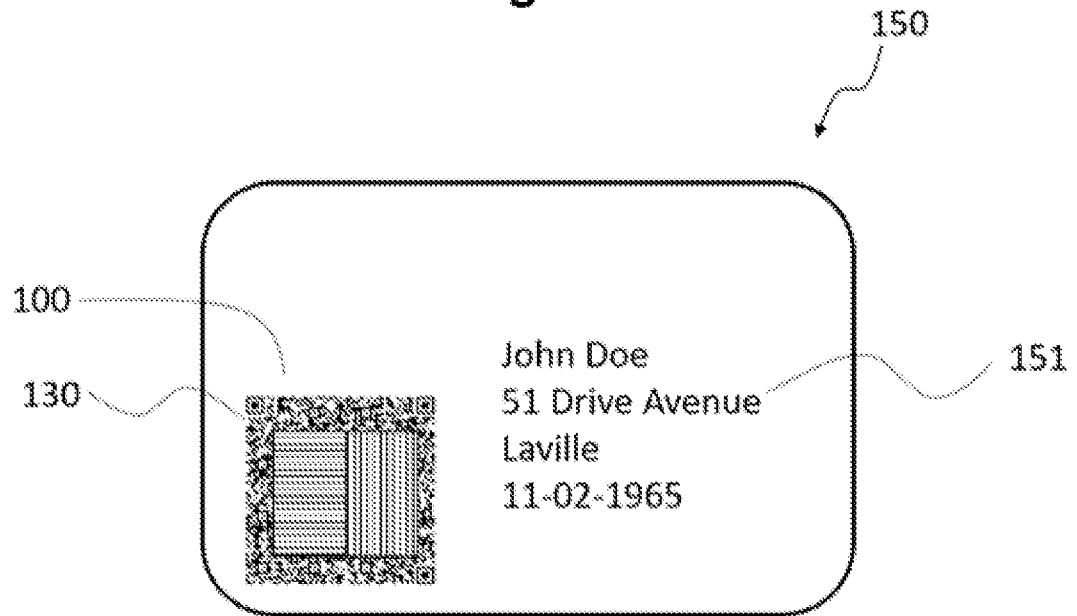


Fig. 10

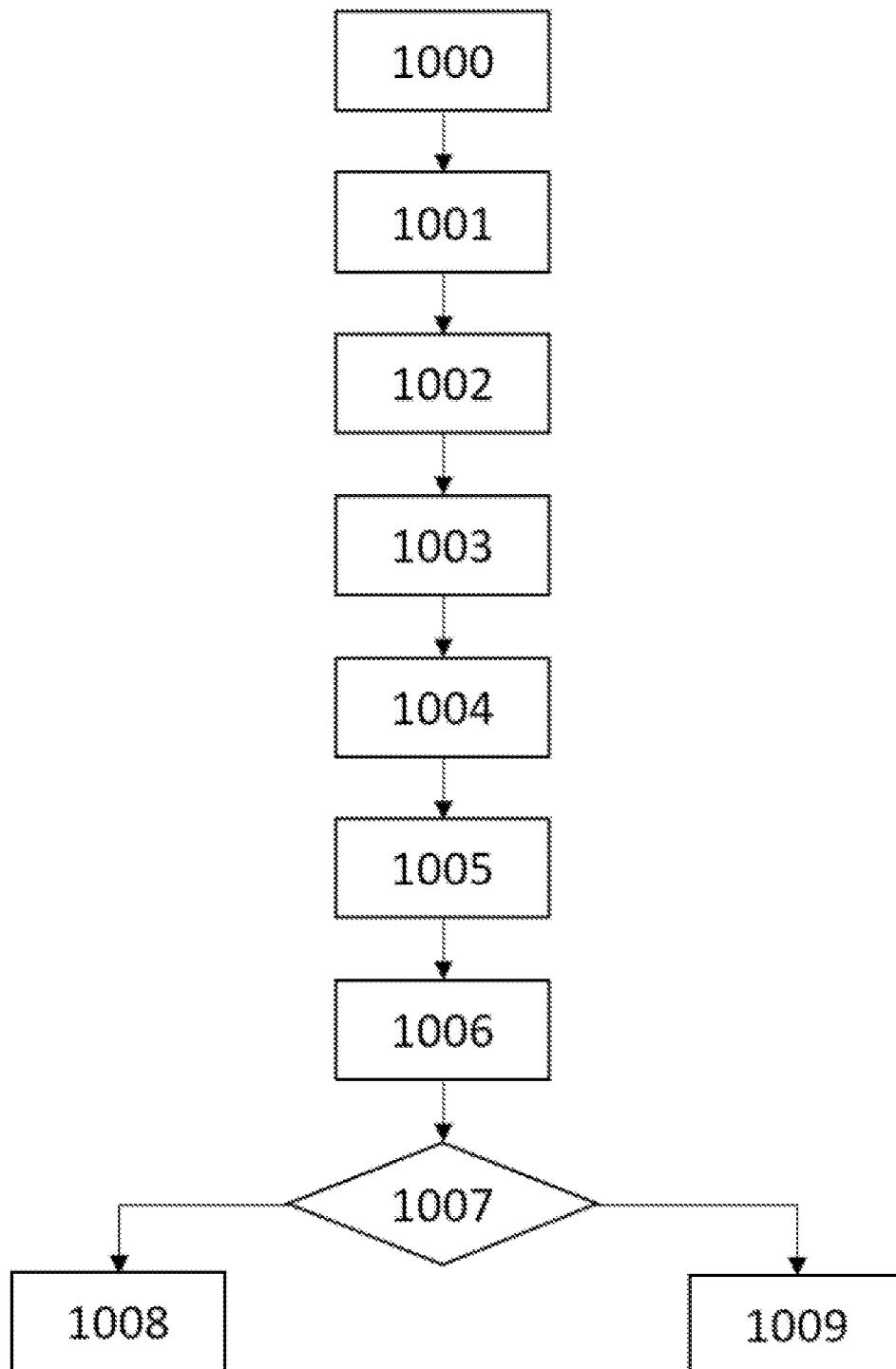


Fig. 11

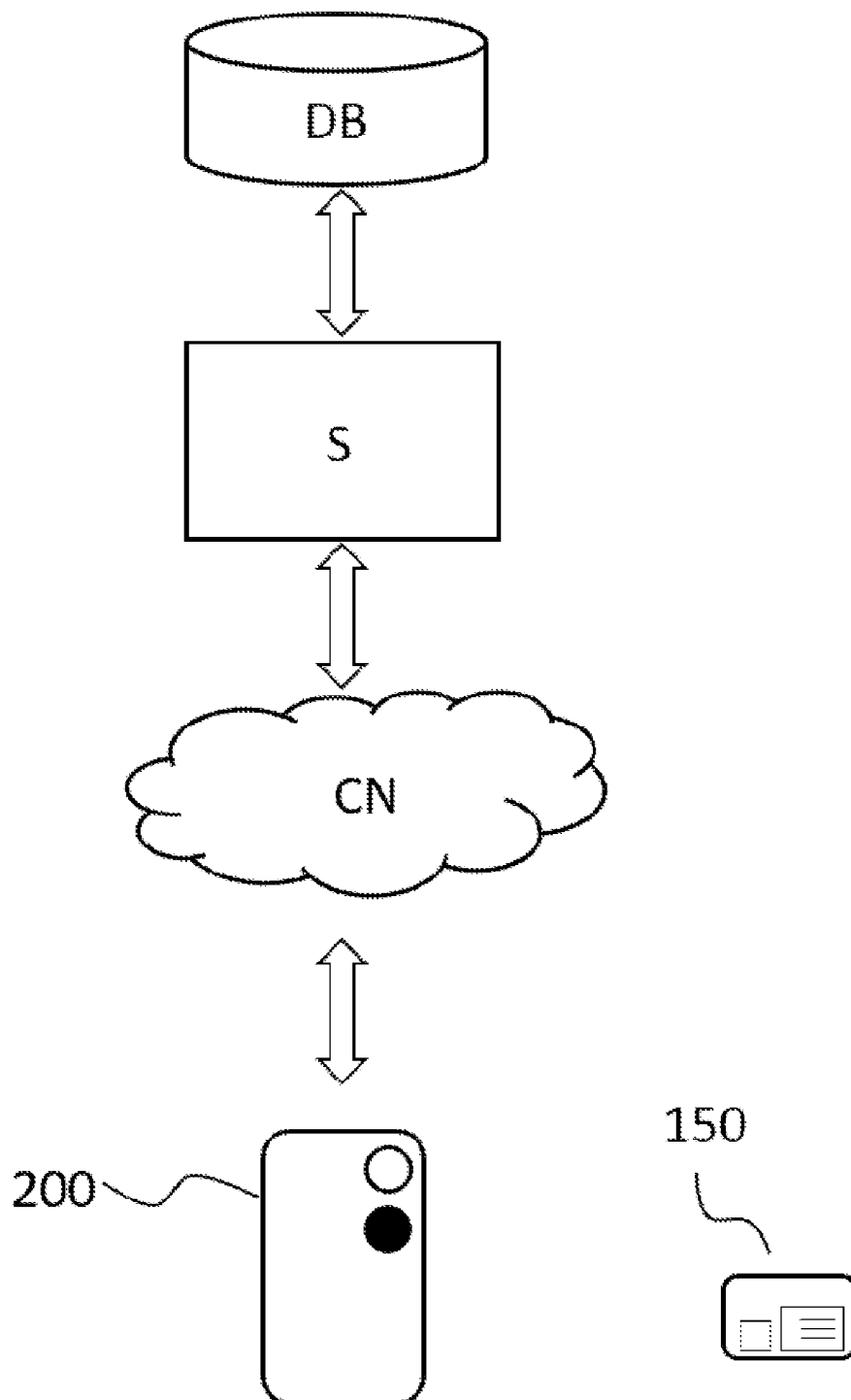


Fig. 12A

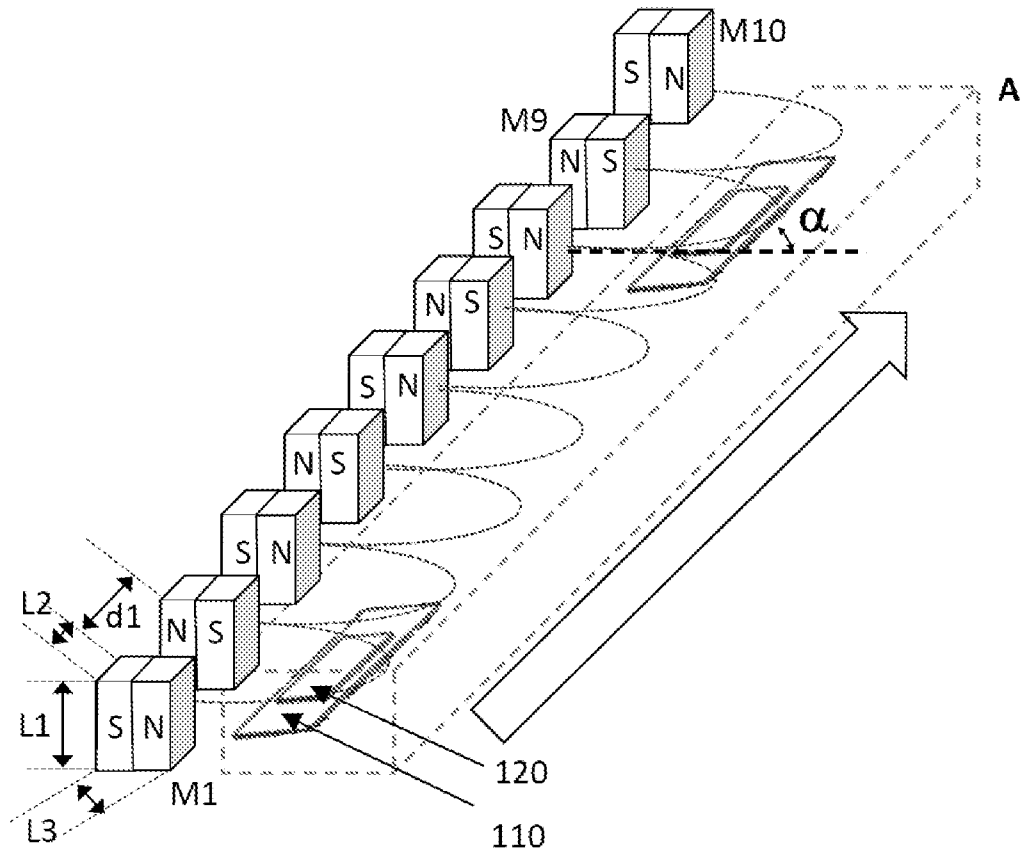


Fig. 12B

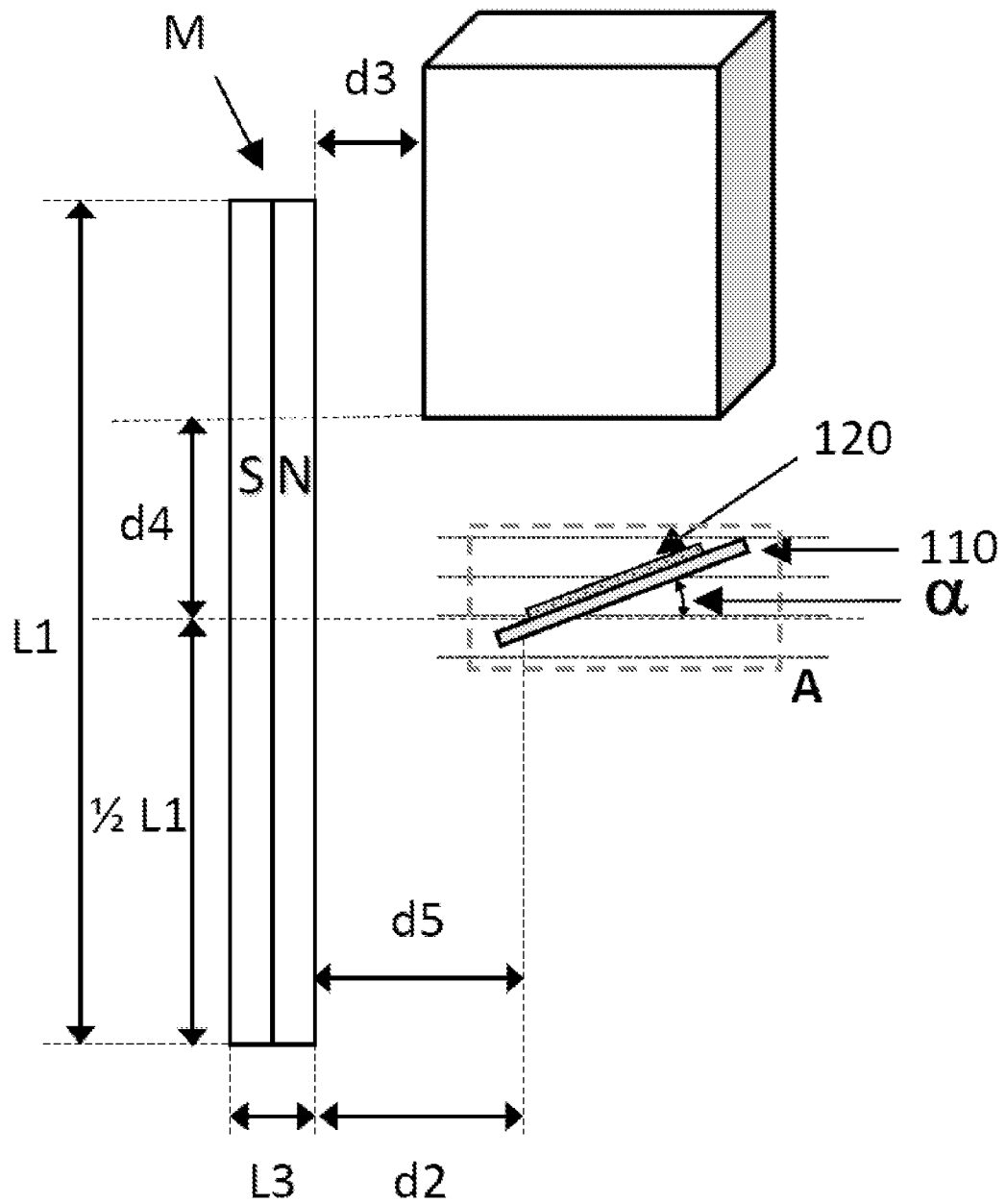


Fig. 13

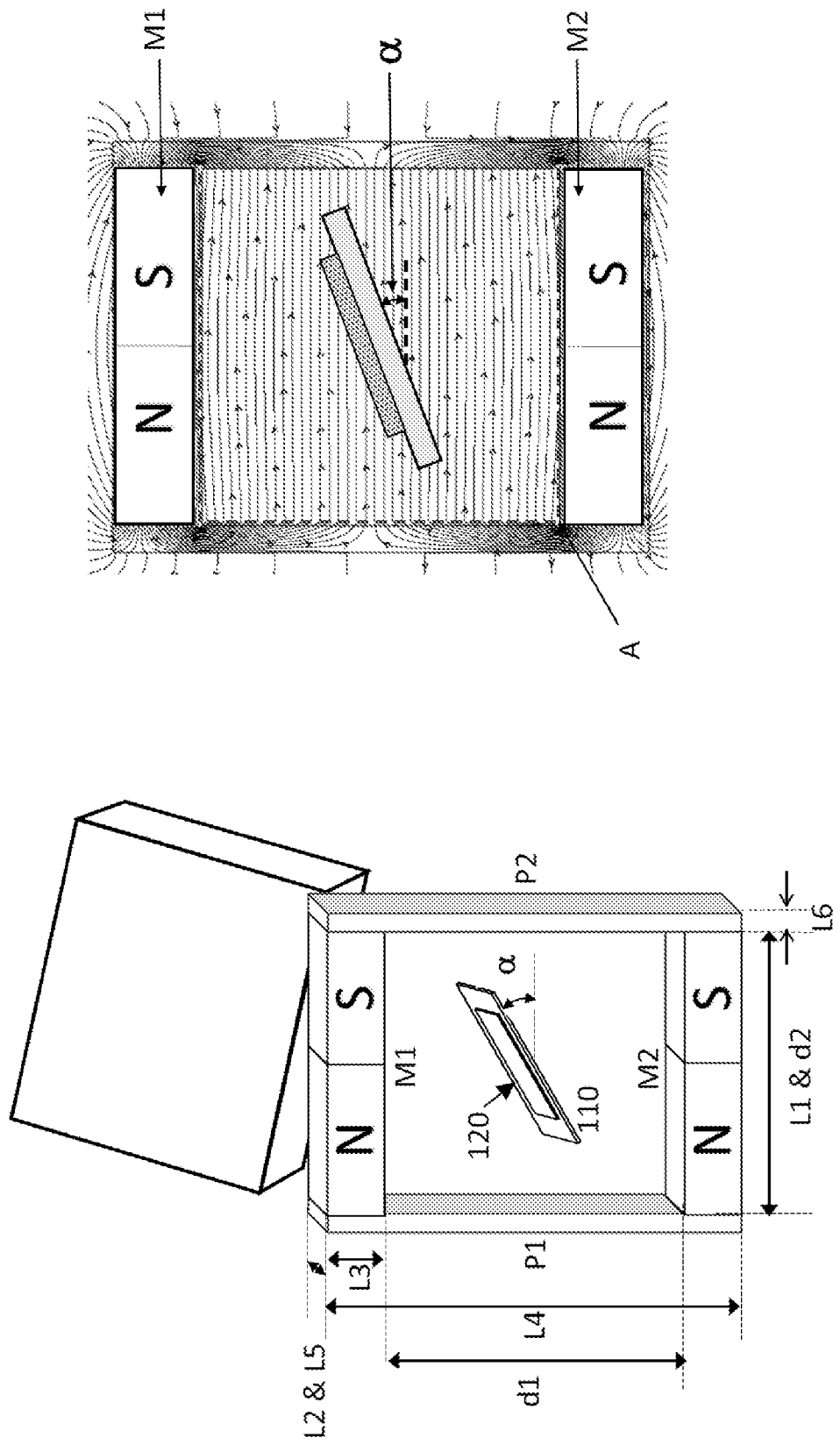


Fig. 14A

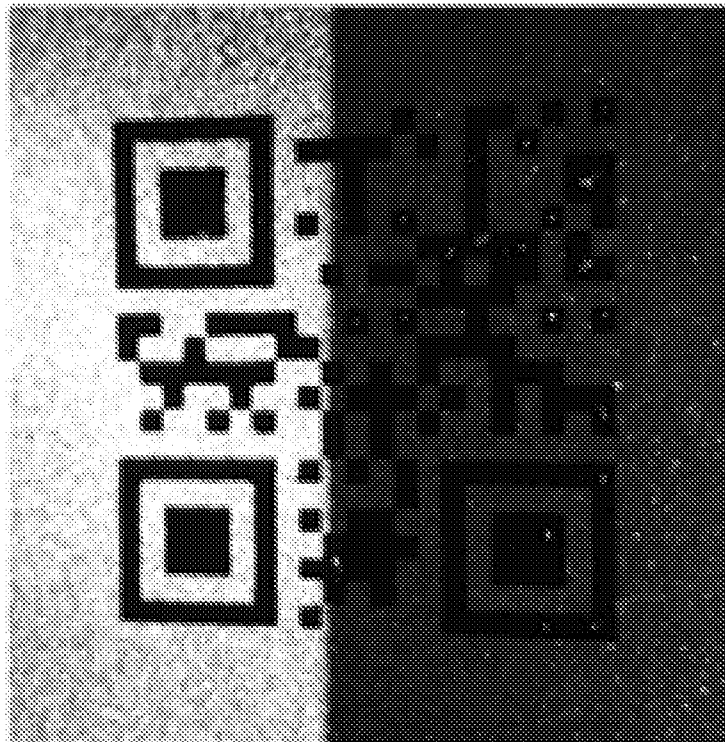
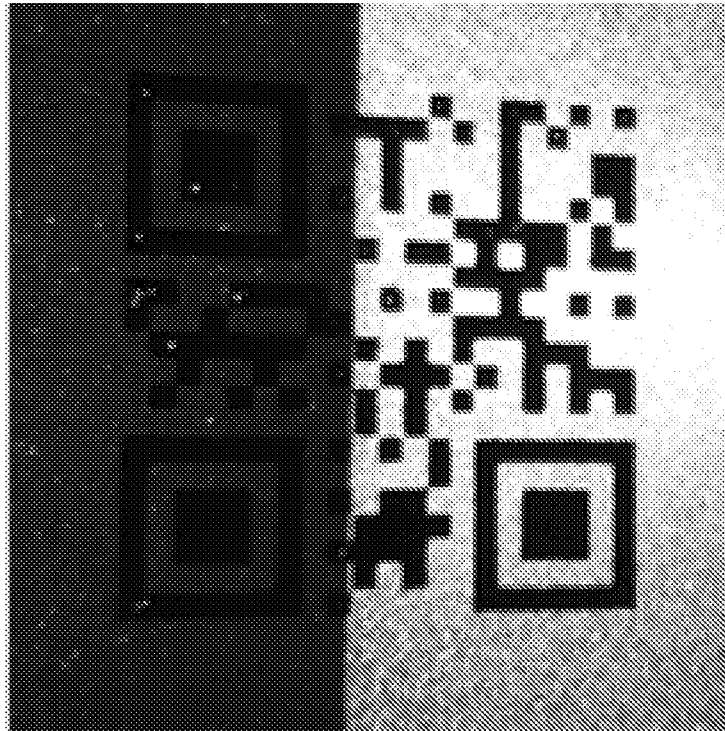


Fig. 14B

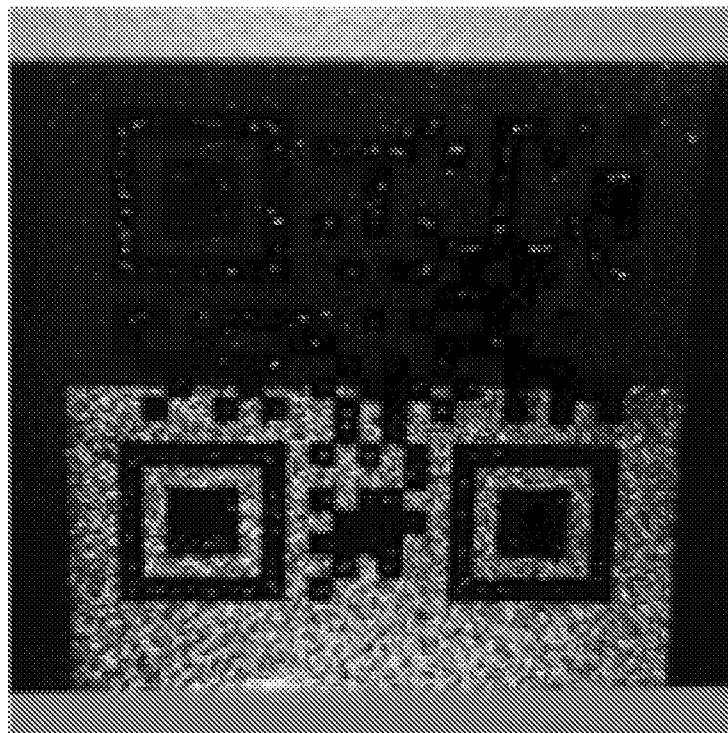
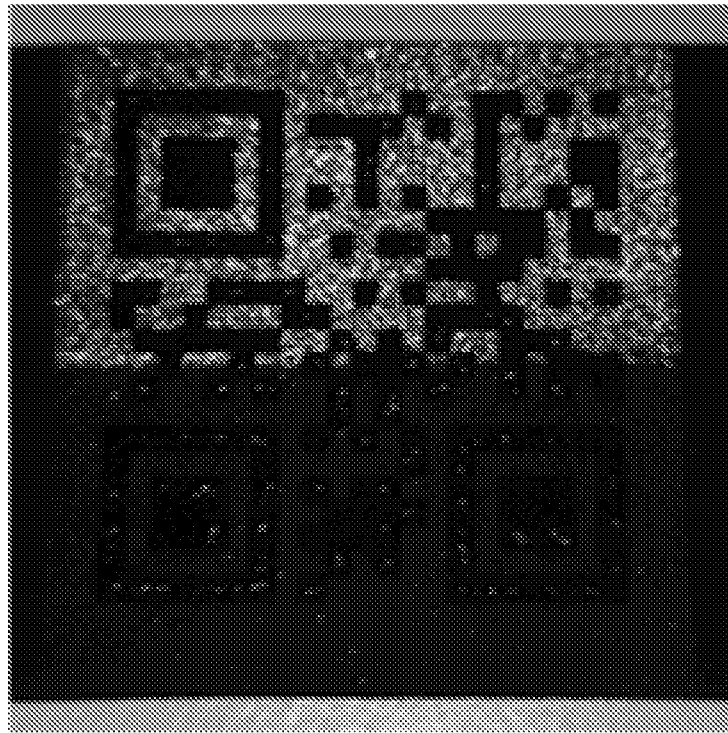


Fig. 14C

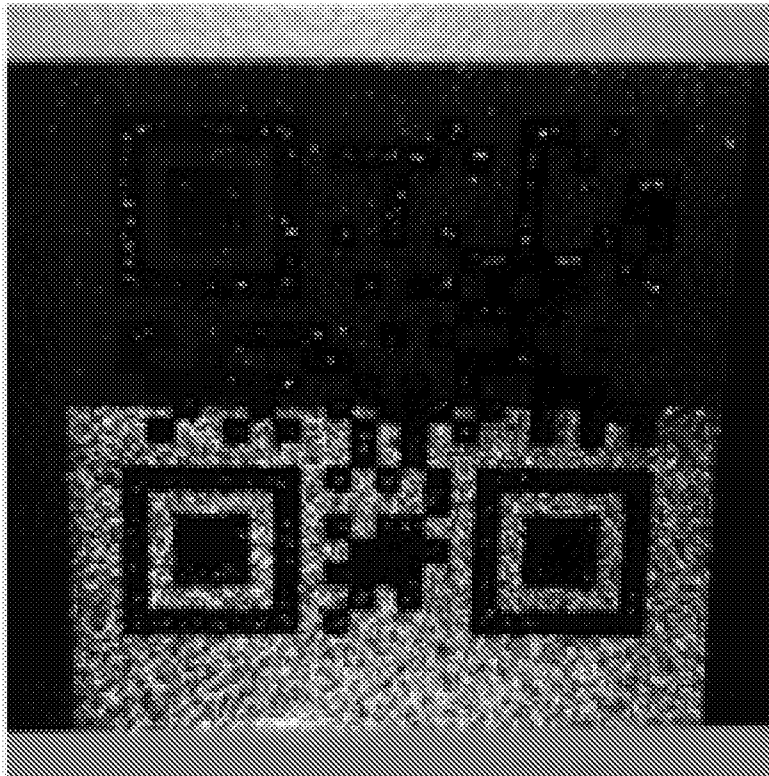
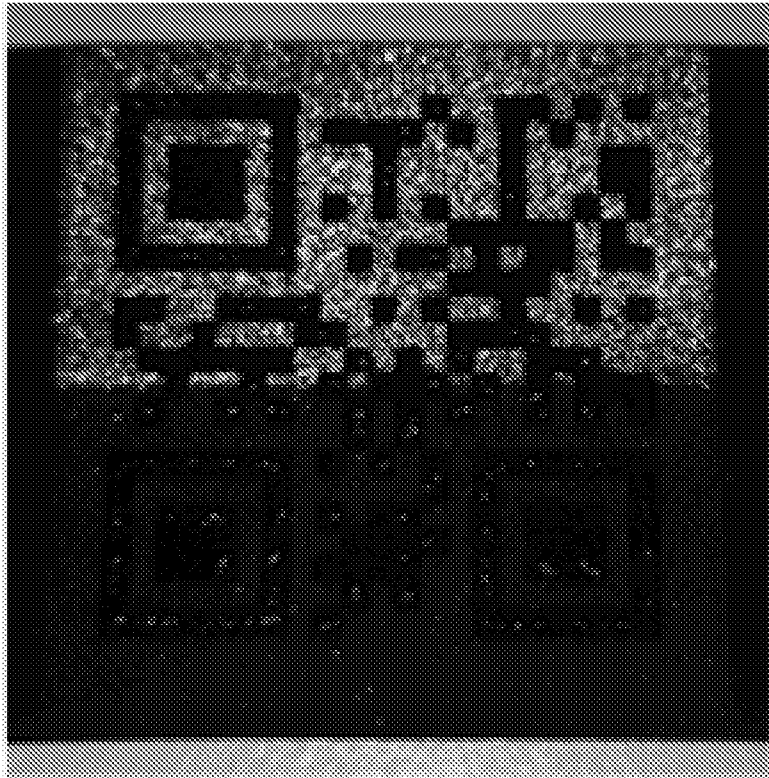


Fig. 14D

