

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 847 906**

51 Int. Cl.:

**B05D 3/00** (2006.01)

**B05D 5/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.09.2017 PCT/EP2017/073430**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.03.2018 WO18054819**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.09.2017 E 17780632 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.11.2020 EP 3515609**

54 Título: **Aparatos y procesos para producir capas de efecto óptico que comprenden partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas orientadas**

30 Prioridad:

**22.09.2016 EP 16190044**

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

**04.08.2021**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**LOGINOV, EVGENY;  
SCHMID, MATHIEU y  
DESPLAND, CLAUDE-ALAIN**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 847 906 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

Aparatos y procesos para producir capas de efecto óptico que comprenden partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas orientadas

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere al campo de la protección de documentos de valor y de artículos comerciales de valor contra la falsificación y la reproducción ilegal. En particular, la presente invención se refiere a capas de efecto óptico (OEL, por sus siglas en inglés) que muestran un efecto óptico dependiente del ángulo de visión, a conjuntos magnéticos y a procesos para producir dichas OEL, así como a usos de dichas OEL como medios contra la falsificación en documentos.

15 **Antecedentes de la invención**

El uso de tintas, composiciones de recubrimiento, recubrimientos o capas, que contienen partículas de pigmento magnéticas o magnetizables, en particular partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas, para la producción de elementos de seguridad y documentos de seguridad, se conoce en la técnica.

20 Las características de seguridad, por ejemplo, para documentos de seguridad, pueden clasificarse en características de seguridad "encubiertas" y "no encubiertas". La protección que proporcionan las características de seguridad encubiertas se basa en el concepto de que dichas características están ocultas, requiriendo normalmente equipo y conocimientos especializados para su detección, mientras que las características de seguridad "no encubiertas" son fácilmente detectables con los sentidos humanos sin ayuda, por ejemplo, dichas características pueden ser visibles y/o detectables a través del sentido del tacto, aunque siguen siendo difíciles de producir y/o copiar. Sin embargo, la eficacia de las características de seguridad no encubiertas depende en gran medida de su fácil reconocimiento como característica de seguridad, porque los usuarios solo entonces realizarán realmente un control de seguridad basándose en dicha característica de seguridad si son conscientes de su existencia y naturaleza.

30 Se desvelan recubrimientos o capas que comprenden partículas de pigmento magnéticas o magnetizables orientadas, 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. Las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en los recubrimientos permiten la producción de imágenes, diseños y/o patrones inducidos magnéticamente a través de la aplicación de un campo magnético correspondiente, provocando una orientación local de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en el recubrimiento no endurecido, seguida del endurecimiento de este último. Esto da como resultado efectos ópticos específicos, es decir, imágenes, diseños o patrones inducidos magnéticamente fijos que son altamente resistentes a la falsificación. Los elementos de seguridad basados en partículas de pigmento magnéticas o magnetizables orientadas solo pueden producirse teniendo acceso tanto a las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables, o a una tinta o composición correspondiente que comprenda dichas partículas, como a la tecnología particular empleada para aplicar dicha tinta o composición y para orientar dichas partículas de pigmento en la tinta o composición aplicada.

45 Los efectos de anillos en movimiento se han desarrollado como elementos de seguridad eficientes. Los efectos de anillos en movimiento consisten en imágenes ópticamente ilusorias de objetos tales como embudos, conos, tazones, círculos, elipses y hemisferios que parecen moverse en cualquier dirección x-y dependiendo del ángulo de inclinación de dicha capa de efecto óptico. Se desvelan métodos para producir efectos de anillos en movimiento, por ejemplo, en los documentos EP 1 710 756 A1, US 8.343.615, EP 2 306 222 A1, EP 2 325 677 A2 y US 2013/084411.

50 El documento WO 2011/092502 A2 desvela un aparato para producir imágenes de anillos en movimiento que muestra un anillo aparentemente en movimiento con un ángulo de visión cambiante. Las imágenes de anillos en movimiento desveladas podrían obtenerse o producirse usando un dispositivo que permita la orientación de partículas magnéticas o magnetizables con la ayuda de un campo magnético producido mediante la combinación de una lámina magnetizable blanda y un imán esférico que tenga su eje magnético perpendicular al plano de la capa de recubrimiento y dispuesto debajo de dicha lámina magnetizable blanda.

60 Las imágenes de anillos en movimiento de la técnica anterior se producen generalmente mediante alineación de las partículas magnéticas o magnetizables de acuerdo con el campo magnético de solo un imán giratorio o estático. Puesto que las líneas de campo magnético de un único imán generalmente se curvan con relativa suavidad, es decir, tienen una curvatura baja, también el cambio de orientación de las partículas magnéticas o magnetizables es relativamente suave sobre la superficie de la OEL. Además, la intensidad del campo magnético disminuye rápidamente al aumentar la distancia desde el imán cuando se usa un único imán. Esto dificulta la obtención de una característica altamente dinámica y bien definida a través de la orientación de las partículas magnéticas o magnetizables, y puede dar como resultado efectos visuales que presenten bordes de anillos borrosos.

65 El documento WO 2014/108404 A2 desvela capas de efecto óptico (OEL) que comprenden una pluralidad de

partículas magnéticas o magnetizables no esféricas orientadas magnéticamente, que se dispersan en un recubrimiento. El patrón específico de orientación magnética de las OEL desveladas proporciona al observador el efecto óptico o la impresión de un cuerpo en forma de bucle que se mueve tras inclinar la OEL. Por otra parte, el documento WO 2014/108404 A2 desvela que las OEL que presentan además un efecto óptico o una impresión de una protuberancia dentro del cuerpo en forma de bucle provocada por una zona de reflexión en el área central rodeada por el cuerpo en forma de bucle. La protuberancia desvelada proporciona la impresión de un objeto tridimensional, tal como una media esfera, presente en el área central rodeada por el cuerpo en forma de bucle.

El documento WO 2014/108303 A1 desvela capas de efecto óptico (OEL) que comprenden una pluralidad de partículas magnéticas o magnetizables no esféricas orientadas magnéticamente, que se dispersan en un recubrimiento. El patrón específico de orientación magnética de las OEL desveladas proporciona al observador el efecto óptico o la impresión de una pluralidad de cuerpos en forma de bucle anidados que rodean un área central común, en donde dichos cuerpos presentan un movimiento aparente dependiente del ángulo de visión. Por otra parte, el documento WO 2014/108303 A1 desvela OEL que comprenden además una protuberancia que está rodeada por el cuerpo en forma de bucle más interno y que llena parcialmente el área central definida por el mismo. La protuberancia desvelada proporciona la ilusión de un objeto tridimensional, tal como una media esfera, presente en el área central.

Sigue siendo necesario que las características de seguridad muestren un efecto en forma de bucle brillante y llamativo sobre un sustrato de buena calidad, en donde dichas características de seguridad puedan verificarse fácilmente, sean difíciles de producir a escala masiva con el equipo de que dispone un falsificador y que puedan proporcionarse en un gran número de conformaciones y formas posibles.

### Sumario de la invención

En consecuencia, un objeto de la presente invención es superar las deficiencias de la técnica anterior analizadas anteriormente.

En un primer aspecto, la presente invención proporciona un proceso para producir una capa de efecto óptico (OEL) (x10) sobre un sustrato (x20) y capas de efecto óptico (OEL) obtenidas a partir del mismo, comprendiendo dicho proceso las etapas de:

- i) aplicar sobre una superficie del sustrato (x20) una composición de recubrimiento curable por radiación que comprende partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas, estando dicha composición de recubrimiento curable por radiación en un primer estado;
- ii) exponer la composición de recubrimiento curable por radiación a un campo magnético de un conjunto magnético (x30) que comprende:

un dispositivo (x31) generador de campo magnético en forma de bucle que es cualquiera de un único imán en forma de bucle o una combinación de dos o más imanes dipolares dispuestos en una disposición en forma de bucle, teniendo el dispositivo (x31) generador de campo magnético en forma de bucle una magnetización radial; y

un único imán dipolar (x32) que tiene un eje magnético sustancialmente perpendicular a la superficie del sustrato (x20) o dos o más imanes dipolares (x32), teniendo cada uno de dichos dos o más imanes dipolares (x32) un eje magnético sustancialmente perpendicular a la superficie del sustrato (x20),

en donde el único imán dipolar (x32) o los dos o más imanes dipolares (x32) se encuentran parcialmente dentro, dentro o encima del bucle definido por el único imán (x31) en forma de bucle o parcialmente dentro, dentro o encima del bucle definido por los dos o más imanes dipolares (x31) dispuestos en la disposición en forma de bucle, y

en donde el polo sur de dicho único imán dipolar (x32) o el polo sur de cada uno de dichos dos o más imanes dipolares (x32) está apuntando hacia la superficie del sustrato (x20) cuando el polo norte del único imán en forma de bucle o de los dos o más imanes dipolares que forman el dispositivo (x31) generador de campo magnético en forma de bucle está apuntando hacia la periferia de dicho dispositivo (x31) generador de campo magnético en forma de bucle o el polo norte de dicho único imán dipolar (x32) o el polo norte de cada uno de dichos dos o más imanes dipolares (x32) está apuntando hacia la superficie del sustrato (x20) cuando el polo sur del único imán en forma de bucle o de los dos o más imanes dipolares que forman el dispositivo (x31) generador de campo magnético en forma de bucle está apuntando hacia la periferia de dicho dispositivo (x31) generador de campo magnético en forma de bucle,

para orientar al menos una parte de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas; y

- iii) curar al menos parcialmente la composición de recubrimiento curable por radiación de la etapa ii) a un segundo estado para fijar las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas en sus posiciones y orientaciones adoptadas, en donde la capa de efecto óptico proporciona una impresión óptica de uno o más cuerpos en forma de bucle

que tienen una forma que varía tras inclinar la capa de efecto óptico.

El único imán dipolar (x32) o los dos o más imanes dipolares (x32) se encuentran parcialmente dentro, dentro o encima del bucle definido por el único imán (x31) en forma de bucle o dentro del bucle definido por los dos o más imanes dipolares (x31) dispuestos en la disposición en forma de bucle.

El conjunto magnético (x30) que se describe en el presente documento puede comprender adicionalmente una o más piezas polares (x33) en forma de bucle y/o uno o más imanes dipolares (x34), y/o una o más piezas polares (x35).

El conjunto magnético (x30) que se describe en el presente documento puede comprender una o más matrices de soporte (x36) para sujetar el dispositivo (x31) generador de campo magnético en forma de bucle, el único imán dipolar (x32) o los dos o más imanes dipolares (x32), la una o más piezas polares (x33) en forma de bucle opcionales, el uno o más imanes dipolares (x34) opcionales y la una o más piezas polares (x35) opcionales. El dispositivo (x31) generador de campo magnético en forma de bucle, el único imán dipolar (x32) o los dos o más imanes dipolares (x32), la una o más piezas polares (x33) en forma de bucle opcionales, el uno o más imanes dipolares (x34) opcionales y la una o más piezas polares (x35) opcionales se disponen preferentemente dentro de la una o más matrices de soporte (x36), por ejemplo, dentro de rebajes, escotaduras o espacios proporcionados en las mismas.

En un aspecto adicional, la presente invención proporciona una capa de efecto óptico (OEL) preparada mediante el proceso que se describe en el presente documento.

En un aspecto adicional, se proporciona un uso de la capa de efecto óptico (OEL) para la protección de un documento de seguridad contra la falsificación o el fraude o para una aplicación decorativa.

En un aspecto adicional, la presente invención proporciona un documento de seguridad o un elemento u objeto decorativo que comprende una o más capas de efecto óptico (OEL) que se describen en el presente documento.

En un aspecto adicional, la presente invención proporciona un conjunto magnético (x30) que se describe en el presente documento para producir la capa de efecto óptico (OEL) (x10) que se describe en el presente documento y un uso de dicho conjunto magnético (x30) para producir la capa de efecto óptico (OEL) (x10) sobre el sustrato (x20) que se describe en el presente documento.

En un aspecto adicional, la presente invención proporciona un aparato de impresión para producir la capa de efecto óptico (OEL) que se describe en el presente documento sobre un sustrato tal como los que se describen en el presente documento, proporcionando dicha OEL una impresión óptica de uno o más cuerpos en forma de bucle que tienen una forma que varía tras inclinar la capa de efecto óptico (x10) y comprendiendo partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas orientadas en una composición de recubrimiento curable por radiación, en donde el aparato comprende el conjunto magnético (x30) que se describe en el presente documento. El aparato de impresión que se describe en el presente documento comprende un cilindro magnético giratorio que comprende al menos uno de los conjuntos magnéticos (x30) que se describen en el presente documento o una unidad de impresión de lecho plano que comprende al menos uno de los conjuntos magnéticos (x30) que se describen en el presente documento.

En un aspecto adicional, la presente invención proporciona un uso del aparato de impresión que se describe en el presente documento para producir la capa de efecto óptico (OEL) que se describe en el presente documento sobre un sustrato tal como los que se describen en el presente documento.

## Breve descripción de los dibujos

La **Fig. 1A** ilustra esquemáticamente un conjunto magnético (130) para producir una capa de efecto óptico (OEL) (110) sobre una superficie del sustrato (120), en donde el conjunto magnético (130) comprende una matriz de soporte (136), un dispositivo (131) generador de campo magnético en forma de bucle, en particular una combinación de quince imanes dipolares dispuestos en una disposición anular en forma de bucle, y un único imán dipolar (132) que tiene un eje magnético sustancialmente perpendicular a la superficie del sustrato (120) y que tiene su norte apuntando hacia la superficie del sustrato (110).

La **Fig. 1B1** ilustra esquemáticamente una vista superior de la matriz de soporte (136) de la Fig. 1A.

La **Fig. 1B2** ilustra esquemáticamente una proyección de la matriz de soporte (136) de la Fig. 1A.

La **Fig. 1C** muestra imágenes de una OEL obtenida mediante el uso del aparato ilustrado en la Fig. 1A-B, como se ve con diferentes ángulos de visión.

La **Fig. 2** ilustra esquemáticamente un conjunto magnético (230) para producir una capa de efecto óptico (OEL) (210) sobre un sustrato (220), en donde el conjunto magnético (230) comprende una matriz de soporte (236), un dispositivo (231) generador de campo magnético en forma de bucle, en particular una combinación de tres imanes dipolares dispuestos en una disposición triangular en forma de bucle, y un imán dipolar (232) que tiene un eje magnético sustancialmente perpendicular a la superficie del sustrato (220) y que tiene su norte apuntando

hacia la superficie del sustrato (220)

La **Fig. 2B1** ilustra esquemáticamente una vista superior de la matriz de soporte (236) de la Fig. 2A.

La **Fig. 2B2** ilustra esquemáticamente una proyección de la matriz de soporte (236) de la Fig. 2A.

5 La **Fig. 2C** muestra imágenes de una OEL obtenida mediante el uso del aparato ilustrado en la Fig. 2A-B, como se ve con diferentes ángulos de visión.

La **Fig. 3A** ilustra esquemáticamente un conjunto magnético (330) para producir una capa de efecto óptico (OEL) (310) sobre un sustrato (320), en donde el conjunto magnético (330) comprende una matriz de soporte (336), un dispositivo (331) generador de campo magnético en forma de bucle, en particular una combinación de cuatro imanes dipolares dispuestos en una disposición cuadrada en forma de bucle, y un imán dipolar (332) que tiene un eje magnético sustancialmente perpendicular a la superficie del sustrato (320) y que tiene su norte apuntando hacia la superficie del sustrato (320).

La **Fig. 3B1** ilustra esquemáticamente una vista superior de la matriz de soporte (336) de la Fig. 3A.

La **Fig. 3B2** ilustra esquemáticamente una proyección de la matriz de soporte (336) de la Fig. 3A.

15 La **Fig. 3C** muestra imágenes de una OEL obtenida mediante el uso del aparato ilustrado en la Fig. 3A-B, como se ve con diferentes ángulos de visión.

La **Fig. 4** ilustra esquemáticamente un conjunto magnético (430) para producir una capa de efecto óptico (OEL) (410) sobre un sustrato (420), en donde el conjunto magnético (430) comprende dos matrices de soporte (436a, 436b), un dispositivo (431) generador de campo magnético en forma de bucle, en particular una combinación de cuatro imanes dipolares dispuestos en una disposición cuadrada en forma de bucle, un imán dipolar (432) que tiene un eje magnético sustancialmente perpendicular a la superficie del sustrato (420) y que tiene su polo norte apuntando hacia la superficie del sustrato (420) y una pieza polar (433) en forma de bucle.

Las **Fig. 4B1, 4B3** ilustran esquemáticamente vistas superiores de las matrices de soporte (436a, 436b) de la Fig. 4A.

25 Las **Fig. 4B2, 4B4** ilustran esquemáticamente proyecciones de las matrices de soporte (436a, 436b) de la Fig. 4A.

La **Fig. 4C** muestra imágenes de una OEL obtenida mediante el uso del aparato ilustrado en la Fig. 4A-B, como se ve con diferentes ángulos de visión.

La **Fig. 5** ilustra esquemáticamente un conjunto magnético (530) para producir una capa de efecto óptico (OEL) (510) sobre un sustrato (520), en donde el conjunto magnético (530) comprende una matriz de soporte (536), un dispositivo (531) generador de campo magnético en forma de bucle, en particular una combinación de cuatro imanes dipolares dispuestos en una disposición cuadrada en forma de bucle, un imán dipolar (532) que tiene un eje magnético sustancialmente perpendicular a la superficie del sustrato (520) y que tiene su polo norte apuntando hacia la superficie del sustrato (520), y uno o más imanes dipolares (534), en particular cuatro imanes dipolares, teniendo cada uno de dicho uno o más imanes dipolares (534) un eje magnético sustancialmente perpendicular a la superficie del sustrato (520) y su polo sur apuntando hacia la superficie del sustrato (520).

30 La **Fig. 5B1** ilustra esquemáticamente una vista superior de la matriz de soporte (536) de la Fig. 5A.

La **Fig. 5B2** ilustra esquemáticamente una proyección de la matriz de soporte (536) de la Fig. 5A.

35 La **Fig. 5C** muestra imágenes de una OEL obtenida mediante el uso del aparato ilustrado en la Fig. 5A-B, como se ve con diferentes ángulos de visión.

La **Fig. 6A** ilustra esquemáticamente un conjunto magnético (630) para producir una capa de efecto óptico (OEL) (610) sobre una superficie del sustrato (620), en donde el conjunto magnético (630) comprende una matriz de soporte (636), un dispositivo (631) generador de campo magnético en forma de bucle, en particular un único imán en forma de bucle, y un único imán dipolar (632) que tiene un eje magnético sustancialmente perpendicular a la superficie del sustrato (620) y que tiene su norte apuntando hacia la superficie del sustrato (610).

45 La **Fig. 6B1** ilustra esquemáticamente una vista superior de la matriz de soporte (636) de la Fig. 6A.

La **Fig. 6B2** ilustra esquemáticamente una proyección de la matriz de soporte (636) de la Fig. 6A.

La **Fig. 6C** muestra imágenes de una OEL obtenida mediante el uso del aparato ilustrado en la Fig. 6A-B, como se ve con diferentes ángulos de visión.

50 La **Fig. 7** muestra imágenes de una OEL obtenida usando un aparato comparativo, como se ve con diferentes ángulos de visión

La **Fig. 8** muestra imágenes de una OEL obtenida usando un aparato comparativo, como se ve con diferentes ángulos de visión.

## 55 Descripción detallada

### Definiciones

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

60 Como se usa en el presente documento, el artículo indefinido "un" o "una" indica tanto uno o una como más de uno o una y no limita necesariamente su sustantivo de referencia al singular.

65 Como se usa en el presente documento, el término "aproximadamente" significa que la cantidad o el valor en cuestión puede ser el valor específico designado o algún otro valor próximo. En general, el término "aproximadamente" indica que un determinado valor tiene como objeto indicar un intervalo dentro del  $\pm 5\%$  del valor.

Como ejemplo, la expresión "aproximadamente 100" indica un intervalo de  $100 \pm 5$ , es decir, el intervalo de 95 a 105. En general, cuando se usa el término "aproximadamente", cabe esperar que puedan obtenerse resultados o efectos similares de acuerdo con la invención dentro de un intervalo del  $\pm 5\%$  del valor indicado.

- 5 La expresión "sustancialmente paralelo" se refiere a una desviación no superior a  $10^\circ$  con respecto a la alineación paralela y la expresión "sustancialmente perpendicular" se refiere a una desviación no superior a  $10^\circ$  con respecto a la alineación perpendicular.

- 10 Como se usa en el presente documento, el término "y/o" significa que todos o solo uno de los elementos de dicho grupo pueden estar presentes. Por ejemplo, "A y/o B" significará "solo A, o solo B, o ambos A y B". En el caso de "solo A", la expresión también abarca la posibilidad de que B esté ausente, es decir, "solo A, pero no B".

- 15 La expresión "que comprende", como se usa en el presente documento, tiene por objeto ser no excluyente y abierta. Por tanto, por ejemplo, una solución humectante que comprende un compuesto A puede incluir otros compuestos además de A. Sin embargo, la expresión "que comprende" también abarca, como realización particular de la misma, los significados más restrictivos de "que consiste esencialmente en" y "que consiste en", de modo que, por ejemplo, "una solución humectante que comprende A, B y opcionalmente C" también puede consistir (esencialmente) en A y B, o consistir (esencialmente) en A, B y C.

- 20 La expresión "composición de recubrimiento" se refiere a cualquier composición que sea capaz de formar una capa de efecto óptico (OEL) de la presente invención sobre un sustrato sólido y que pueda aplicarse preferentemente, pero no exclusivamente, mediante un método de impresión. La composición de recubrimiento comprende al menos una pluralidad de partículas magnéticas o magnetizables no esféricas y un aglutinante.

- 25 La expresión "capa de efecto óptico (OEL)", como se usa en el presente documento, indica una capa que comprende al menos una pluralidad de partículas magnéticas o magnetizables no esféricas orientadas magnéticamente y un aglutinante, en donde la orientación de las partículas magnéticas o magnetizables no esféricas está fijada o congelada (fija/congelada) dentro del aglutinante.

- 30 La expresión "eje magnético" indica una línea teórica que conecta los correspondientes polos norte y sur de un imán y que se extiende a través de dichos polos. Esta expresión no incluye ninguna dirección específica del campo magnético.

- 35 La expresión "dirección del campo magnético" indica la dirección del vector del campo magnético a lo largo de una línea del campo magnético que apunta desde el polo norte en el exterior de un imán hasta el polo sur (véase *Handbook of Physics*, Springer 2002, páginas 463-464).

- 40 Como se usa en el presente documento, la expresión "magnetización radial" se usa para describir la dirección del campo magnético en el dispositivo (x31) generador de campo magnético en forma de bucle, en donde en cada punto de dicho dispositivo (x31) generador de campo magnético en forma de bucle, la dirección del campo magnético es sustancialmente paralela a la superficie del sustrato (x20) y apunta ya sea hacia el área central definida por dicho dispositivo (x31) generador de campo magnético en forma de bucle o hacia su periferia.

- 45 El término "curado" se usa para indicar un proceso en donde un aumento de la viscosidad de una composición de recubrimiento en reacción a un estímulo para convertir un material en un estado, es decir, un estado curado, endurecido o sólido, donde las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas se fijan/congelan en sus posiciones y orientaciones actuales y ya no pueden moverse ni girar.

- 50 Cuando la presente descripción se refiere a realizaciones/características "preferidas", las combinaciones de estas realizaciones/características "preferidas" también se considerarán desveladas siempre que esta combinación de realizaciones/características "preferidas" sea técnicamente significativa.

- 55 Como se usa en el presente documento, la expresión "al menos" tiene por objeto definir uno o más de uno, por ejemplo, uno o dos o tres.

- La expresión "documento de seguridad" se refiere a un documento que por lo general se protege contra la falsificación o el fraude mediante al menos una característica de seguridad. Los ejemplos de documentos de seguridad incluyen, sin limitación, documentos de valor y artículos comerciales de valor.

- 60 La expresión "característica de seguridad" se usa para indicar una imagen, un patrón o un elemento gráfico que puede usarse con fines de autenticación.

- 65 La expresión "cuerpo en forma de bucle" indica que las partículas magnéticas o magnetizables no esféricas se proporcionan de manera que la OEL confiera al observador la impresión visual de un cuerpo cerrado que se recombina consigo mismo, formando un cuerpo cerrado en forma de bucle que rodea un área central. El "cuerpo en forma de bucle" puede tener una forma redonda, ovalada, elipsoide, cuadrada, triangular, rectangular o cualquier

forma poligonal. Los ejemplos de formas de bucle incluyen un anillo o círculo, un rectángulo o cuadrado (con o sin esquinas redondeadas), un triángulo (con o sin esquinas redondeadas), un pentágono (regular o irregular) (con o sin esquinas redondeadas), un hexágono (regular o irregular) (con o sin esquinas redondeadas), un heptágono (regular o irregular) (con o sin esquinas redondeadas), un octógono (regular o irregular) (con o sin esquinas redondeadas), cualquier forma poligonal (con o sin esquinas redondeadas), etc. En la presente invención, la impresión óptica de uno o más cuerpos en forma de bucle se forma mediante la orientación de las partículas magnéticas o magnetizables no esféricas.

La presente invención proporciona métodos para producir una capa de efecto óptico (OEL) sobre un sustrato y capas de efecto óptico (OEL) obtenidas a partir del mismo, en donde dichos métodos comprenden una etapa de i) aplicar sobre la superficie del sustrato (x20) la composición de recubrimiento curable por radiación que comprende partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas que se describen en el presente documento, estando dicha composición de recubrimiento curable por radiación en un primer estado.

La etapa de aplicación i) que se describe en el presente documento puede realizarse mediante un proceso de recubrimiento tal como, por ejemplo, procesos de recubrimiento con rodillo y pulverización o mediante un proceso de impresión. Preferentemente, la etapa de aplicación i) que se describe en el presente documento se lleva a cabo mediante un proceso de impresión seleccionado preferentemente entre el grupo que consiste en impresión serigráfica, impresión en huecograbado, impresión flexográfica, impresión por chorro de tinta e impresión calcográfica (también denominada en la técnica impresión en plancha de cobre para grabado e impresión en troquel de acero para grabado, más preferentemente seleccionado entre el grupo que consiste en impresión serigráfica, impresión en huecograbado e impresión flexográfica.

Posteriormente, de forma parcialmente simultánea o simultáneamente con la aplicación de la composición de recubrimiento curable por radiación que se describe en el presente documento sobre la superficie del sustrato que se describe en el presente documento (etapa i), al menos una parte de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas se orientan (etapa ii) exponiendo la composición de recubrimiento curable por radiación al campo magnético del conjunto magnético que se describe en el presente documento, para alinear al menos parte de las partículas del pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas a lo largo de las líneas de campo magnético generadas por el aparato.

Posteriormente o de forma parcialmente simultánea a la etapa de orientar/alinear al menos una parte de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas mediante la aplicación del campo magnético que se describe en el presente documento, la orientación de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas se fija o se congela. La composición de recubrimiento curable por radiación debe, por tanto, notablemente, tener un primer estado, es decir, un estado líquido o pastoso, en donde la composición de recubrimiento curable por radiación es lo suficientemente húmeda o blanda, de manera que las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas dispersas en la composición de recubrimiento curable por radiación se puedan mover, girar y/u orientar libremente tras la exposición al campo magnético, y un segundo estado curado (por ejemplo, sólido), en donde las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas se fijan o congelan en sus respectivas posiciones y orientaciones.

En consecuencia, los métodos para producir una capa de efecto óptico (OEL) sobre un sustrato que se describe en el presente documento comprende una etapa de iii) curar al menos parcialmente la composición de recubrimiento curable por radiación de la etapa ii) a un segundo estado para fijar las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas en sus posiciones y orientaciones adoptadas. La etapa de iii) curar al menos parcialmente la composición de recubrimiento curable por radiación puede llevarse a cabo posteriormente o de forma parcialmente simultánea a la etapa de orientar/alinear al menos una parte de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas mediante la aplicación del campo magnético que se describe en el presente documento (etapa ii). Preferentemente, la etapa de iii) curar al menos parcialmente la composición de recubrimiento curable por radiación se lleva a cabo de forma parcialmente simultánea a la etapa de orientar/alinear al menos una parte de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas mediante la aplicación del campo magnético que se describe en el presente documento (etapa ii). Por "de forma parcialmente simultánea", se entiende que ambas etapas se realizan en parte simultáneamente, es decir, los tiempos de realización de cada una de las etapas se superponen parcialmente. En el contexto que se describe en el presente documento, cuando el curado se realiza de forma parcialmente simultánea con la etapa de orientación ii), debe entenderse que el curado se hace efectivo después de la orientación para que las partículas de pigmento se orienten antes del curado o endurecimiento completo o parcial de la OEL.

Las capas de efecto óptico (OEL) obtenidas de este modo proporcionan al observador la impresión óptica de uno o más cuerpos en forma de bucle que tienen una forma que varía tras inclinar el sustrato que comprende la capa de efecto óptico, es decir, la OEL obtenida de este modo proporciona al observador la impresión óptica de un cuerpo en forma de bucle que tiene una forma que varía tras inclinar el sustrato que comprende la capa de efecto óptico o proporciona al observador la impresión óptica de una pluralidad de cuerpos en forma de bucle anidados, teniendo al menos uno de dichos cuerpos en forma de bucle anidados una forma que varía tras inclinar el sustrato que comprende la capa de efecto óptico.

Los estados primero y segundo de la composición de recubrimiento curable por radiación se proporcionan mediante el uso de un determinado tipo de composición de recubrimiento curable por radiación. Por ejemplo, los componentes de la composición de recubrimiento curable por radiación distintos de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas pueden adoptar la forma de una tinta o composición de recubrimiento curable por radiación tal como las que se usan en aplicaciones de seguridad, por ejemplo, para la impresión de billetes de banco. Los estados primero y segundo mencionados anteriormente se proporcionan mediante el uso de un material que muestra un aumento de la viscosidad en reacción a una exposición a una radiación electromagnética. Es decir, cuando el material aglutinante fluido se cura o solidifica, dicho material aglutinante se convierte en el segundo estado, donde las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas se fijan en sus posiciones y orientaciones actuales y ya no pueden moverse ni girar dentro del material aglutinante.

Como saben los expertos en la materia, los ingredientes comprendidos en una composición de recubrimiento curable por radiación que ha de aplicarse sobre una superficie tal como un sustrato y las propiedades físicas de dicha composición de recubrimiento curable por radiación deben cumplir los requisitos del proceso utilizado para transferir la composición de recubrimiento curable por radiación a la superficie del sustrato. Por consiguiente, el material aglutinante comprendido en la composición de recubrimiento curable por radiación que se describe en el presente documento se elige normalmente entre los conocidos en la técnica y depende del recubrimiento o del proceso de impresión utilizado para aplicar la composición de recubrimiento curable por radiación y del proceso de curado por radiación elegido.

En las capas de efecto óptico (OEL) que se describen en el presente documento, las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas que se describen en el presente documento se dispersan en la composición de recubrimiento curable por radiación que comprende un material aglutinante curado que fija/congela la orientación de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas. El material aglutinante curado es al menos parcialmente transparente a la radiación electromagnética de un intervalo de longitudes de onda comprendido entre 200 nm y 2500 nm. El material aglutinante es, por tanto, al menos en su estado curado o sólido (también denominado segundo estado en el presente documento), al menos parcialmente transparente a la radiación electromagnética de un intervalo de longitudes de onda comprendido entre 200 nm y 2500 nm, es decir, dentro del intervalo de longitudes de onda que normalmente se conoce como "espectro óptico" y que comprende las porciones del infrarrojo, visible y UV del espectro electromagnético, de manera que las partículas contenidas en el material aglutinante en su estado endurecido o sólido y su reflectividad dependiente de la orientación puedan percibirse a través del material aglutinante. Preferentemente, el material aglutinante curado es al menos parcialmente transparente a la radiación electromagnética de un intervalo de longitudes de onda comprendido entre 200 nm y 800 nm, más preferentemente, comprendido entre 400 nm y 700 nm. En el presente documento, el término "transparente" indica que la transmisión de radiación electromagnética a través de una capa de 20 µm del material aglutinante curado presente en la OEL (sin incluir las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta, sino todos los demás componentes opcionales de la OEL en caso de que dichos componentes estén presentes) es de al menos el 50 %, más preferentemente de al menos el 60 %, incluso más preferentemente de al menos el 70 %, en la longitud o longitudes de onda correspondientes. Esto puede determinarse, por ejemplo, midiendo la transmitancia de una pieza de ensayo del material aglutinante curado (sin incluir las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta) de acuerdo con métodos de ensayo bien establecidos, por ejemplo, DIN 5036-3 (1979-11). Si la OEL sirve como característica de seguridad encubierta, entonces, normalmente serán necesarios medios técnicos para detectar el efecto óptico (completo) generado por la OEL en las respectivas condiciones de iluminación que comprenden la longitud de onda no visible seleccionada; requiriendo dicha detección que la longitud de onda de la radiación incidente se seleccione fuera del intervalo visible, por ejemplo, en el intervalo UV cercano. En este caso, es preferible que la OEL esté compuesta por partículas de pigmento luminiscentes que muestren luminiscencia en respuesta a la longitud de onda seleccionada fuera del espectro visible contenido en la radiación incidente. Las porciones infrarroja, visible y UV del espectro electromagnético corresponden aproximadamente a los intervalos de longitudes de onda entre 700-2500 nm, 400-700 nm y 200-400 nm, respectivamente.

Como se ha mencionado anteriormente en el presente documento, la composición de recubrimiento curable por radiación que se describe en el presente documento depende del proceso de recubrimiento o impresión utilizado para aplicar dicha composición de recubrimiento curable por radiación y del proceso de curado elegido. Preferentemente, el curado de la composición de recubrimiento curable por radiación implica una reacción química que no se invierte por un simple aumento de temperatura (por ejemplo, hasta 80 °C) que puede ocurrir durante un uso normal de un artículo que comprende la OEL que se describe en el presente documento. El término "curar" o "curable" se refiere a procesos que incluyen la reacción química, la reticulación o la polimerización de al menos un componente de la composición de recubrimiento curable por radiación aplicada de manera que se convierta en un material polimérico que tenga un peso molecular superior al de las sustancias de partida. El curado por radiación conduce ventajosamente a un aumento instantáneo de la viscosidad de la composición de recubrimiento curable por radiación después de la exposición a la irradiación de curado, evitando de este modo cualquier movimiento adicional de las partículas de pigmento y, por consiguiente, cualquier pérdida de información después de la etapa de orientación magnética. Preferentemente, la etapa de curado (etapa iii) se lleva a cabo mediante curado por radiación, incluyendo curado por radiación de luz ultravioleta-visible, o mediante curado por radiación de haz E, más

preferentemente mediante curado por radiación de luz UV-Vis.

Por lo tanto, las composiciones de recubrimiento curables por radiación adecuadas para la presente invención incluyen composiciones curables por radiación que pueden curarse mediante radiación de luz UV-visible (en lo sucesivo denominada radiación UV-Vis) o mediante radiación de haz E (en lo sucesivo denominada radiación EB). Se conocen en la técnica composiciones curables por radiación y pueden encontrarse en libros de texto convencionales tales como la serie "*Chemistry & Technology of UV & EB Formulation for Coatings, Inks & Paints*", Volumen IV, *Formulation*, de C. Lowe, G. Webster, S. Kessel e I. McDonald, 1996 de John Wiley & Sons en asociación con SITA Technology Limited. De acuerdo con una realización particularmente preferida de la presente invención, la composición de recubrimiento curable por radiación que se describe en el presente documento es una composición de recubrimiento curable por radiación UV-Vis.

Preferentemente, la composición de recubrimiento curable por radiación UV-Vis comprende uno o más compuestos seleccionados entre el grupo que consiste en compuestos curables radicalariamente y compuestos curables catiónicamente. La composición de recubrimiento curable por radiación UV-Vis que se describe en el presente documento puede ser un sistema híbrido y puede comprender una mezcla de uno o más compuestos curables catiónicamente y uno o más compuestos curables radicalariamente. Los compuestos curables catiónicamente se curan mediante mecanismos catiónicos que normalmente incluyen la activación mediante radiación de uno o más fotoiniciadores que liberan especies catiónicas, tales como ácidos, que a su vez inician el curado para reaccionar y/o reticular los monómeros y/u oligómeros para curar de este modo la composición de recubrimiento curable por radiación. Los compuestos curables radicalariamente se curan mediante mecanismos de radicales libres que incluyen normalmente la activación mediante radiación de uno o más fotoiniciadores, generando de este modo radicales que a su vez inician la polimerización para curar la composición de recubrimiento curable por radiación. Dependiendo de los monómeros, oligómeros o prepolímeros utilizados para preparar el aglutinante comprendido en las composiciones de recubrimiento curables por radiación UV-Vis que se describen en el presente documento, podrían usarse diferentes fotoiniciadores. Los expertos en la materia conocen ejemplos adecuados de fotoiniciadores de radicales libres e incluyen, sin limitación, acetofenonas, benzofenonas, bencildimetil cetales, alfa-aminocetonas, alfa-hidroxicetonas, óxidos de fosfina y derivados de óxido de fosfina, así como mezclas de dos o más de los mismos. Los expertos en la materia conocen ejemplos adecuados de fotoiniciadores catiónicos e incluyen, sin limitación, sales de onio, tales como sales orgánicas de yodonio (por ejemplo, sales de diaril yodonio), sales de oxonio (por ejemplo, sales de triariloxonio) y de sulfonio (por ejemplo, sales de triarilsulfonio), así como mezclas de dos o más de las mismas. Pueden encontrarse otros ejemplos de fotoiniciadores útiles en libros de texto convencionales tales como "*Chemistry & Technology of UV & EB Formulation for Coatings, Inks & Paints*", Volumen III, "*Photoinitiators for Free Radical Cationic and Anionic Polymerization*", 2ª edición, de J. V. Crivello y K. Dietliker, editado por G. Bradley y publicado en 1998 por John Wiley & Sons en asociación con SITA Technology Limited. También puede resultar ventajoso incluir un sensibilizador junto con el uno o más fotoiniciadores con el fin de conseguir un curado eficaz. Los ejemplos típicos de fotosensibilizadores adecuados incluyen, sin limitación, isopropil-tioxantona (ITX), 1-cloro-2-propoxi-tioxantona (CPTX), 2-cloro-tioxantona (CTX) y 2,4-dietil-tioxantona (DETX) y mezclas de dos o más de las mismas. El uno o más fotoiniciadores comprendidos en las composiciones de recubrimiento curables por radiación UV-Vis están preferentemente presentes en una cantidad total de aproximadamente el 0,1 % en peso a aproximadamente el 20 % en peso, más preferentemente, de aproximadamente el 1 % en peso a aproximadamente el 15 % en peso, basándose los porcentajes en peso en el peso total de las composiciones de recubrimiento curables por radiación UV-Vis.

La composición de recubrimiento curable por radiación que se describe en el presente documento puede comprender adicionalmente una o más sustancias marcadoras o marcadores y/o uno o más materiales legibles mediante una máquina seleccionados entre el grupo que consiste en materiales magnéticos (diferentes de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta que se describen en el presente documento), materiales luminiscentes, materiales conductores de la electricidad y materiales absorbentes de la radiación infrarroja. Como se usa en el presente documento, la expresión "material legible mediante una máquina" se refiere a un material que presenta al menos una propiedad distintiva que no es perceptible a simple vista y que puede estar comprendido en una capa para conferir una forma de autenticar dicha capa o artículo que comprende dicha capa mediante el uso de un equipo particular para su autenticación.

La composición de recubrimiento curable por radiación que se describe en el presente documento puede comprender además uno o más componentes colorantes seleccionados entre el grupo que consiste en partículas de pigmento orgánico, partículas de pigmento inorgánico y colorantes orgánicos, y/o uno o más aditivos. Estos últimos incluyen, sin limitación, compuestos y materiales que se usan para ajustar parámetros físicos, reológicos y químicos de la composición de recubrimiento curable por radiación tales como la viscosidad (por ejemplo, disolventes, espesantes y tensioactivos), la consistencia (por ejemplo, agentes contra la sedimentación, cargas y plastificantes), las propiedades espumantes (por ejemplo, agentes antiespumantes), las propiedades lubricantes (ceras, aceites), la estabilidad UV (fotoestabilizadores), las propiedades de adhesión, las propiedades antiestáticas, la estabilidad en almacenamiento (inhibidores de la polimerización) etc. En la composición de recubrimiento curable por radiación puede haber presentes aditivos que se describen en el presente documento en cantidades y en formas conocidas en la técnica, incluyendo los denominados nanomateriales, donde al menos una de las dimensiones del aditivo está en el intervalo de 1 a 1000 nm.

La composición de recubrimiento curable por radiación que se describe en el presente documento comprende las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas que se describen en el presente documento. Preferentemente, las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas están presentes en una cantidad de aproximadamente el 2 % en peso a aproximadamente el 40 % en peso, más preferentemente de aproximadamente el 4 % en peso a aproximadamente el 30 % en peso, basándose los porcentajes en peso en el peso total de la composición de recubrimiento curable por radiación que comprende el material aglutinante, las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas y otros componentes opcionales de la composición de recubrimiento curable por radiación.

Las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas que se describen en el presente documento se definen como que tienen, debido a su forma no esférica, reflectividad no isotrópica con respecto a una radiación electromagnética incidente para la que el material aglutinante curado o endurecido es al menos parcialmente transparente. Como se usa en el presente documento, la expresión "reflectividad no isotrópica" indica que la proporción de radiación incidente desde un primer ángulo que es reflejada por una partícula en una determinada dirección (de visión) (un segundo ángulo) es una función de la orientación de las partículas, es decir, que un cambio de la orientación de la partícula con respecto al primer ángulo puede conducir a una magnitud diferente de la reflexión a la dirección de visión. Preferentemente, las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas que se describen en el presente documento tienen una reflectividad no isotrópica con respecto a la radiación electromagnética incidente en algunas partes o en el intervalo completo de longitudes de onda de aproximadamente 200 a aproximadamente 2500 nm, más preferentemente de aproximadamente 400 a aproximadamente 700 nm, de manera que un cambio de la orientación de la partícula da como resultado un cambio de reflexión por esa partícula en una dirección determinada. Como sabe el experto en la materia, las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables que se describen en el presente documento son diferentes de los pigmentos convencionales, mostrando dichas partículas de pigmento convencionales el mismo color para todos los ángulos de visión, mientras que las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables que se describen en el presente documento presentan una reflectividad no isotrópica como se ha descrito anteriormente en el presente documento.

Las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas tienen preferentemente una forma elipsoidal oblonga o achatada, partículas en forma de plaqueta o en forma de aguja o una mezcla de dos o más de las mismas y más preferentemente partículas en forma de plaqueta.

Los ejemplos adecuados de partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas que se describen en el presente documento incluyen, sin limitación, partículas de pigmento que comprenden un metal magnético seleccionado entre el grupo que consiste en cobalto (Co), hierro (Fe), gadolinio (Gd) y níquel (Ni); aleaciones magnéticas de hierro, manganeso, cobalto, níquel y mezclas de dos o más de los mismos; óxidos magnéticos de cromo, manganeso, cobalto, hierro, níquel y mezclas de dos o más de los mismos; y mezclas de dos o más de los mismos. El término "magnético" en referencia a los metales, aleaciones y óxidos se refiere a metales, aleaciones y óxidos ferromagnéticos o ferrimagnéticos. Los óxidos magnéticos de cromo, manganeso, cobalto, hierro, níquel o una mezcla de dos o más de los mismos pueden ser óxidos puros o mixtos. Los ejemplos de óxidos magnéticos incluyen, sin limitación, óxidos de hierro tales como hematita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), dióxido de cromo ( $\text{CrO}_2$ ), ferritas magnéticas ( $\text{MFe}_2\text{O}_4$ ), espinelas magnéticas ( $\text{MR}_2\text{O}_4$ ), hexaferritas magnéticas ( $\text{MFe}_{12}\text{O}_{19}$ ), ortoferritas magnéticas ( $\text{RFeO}_3$ ), granates magnéticos  $\text{M}_3\text{R}_2(\text{AO}_4)_3$ , donde M significa metal de dos valencias, R significa metal de tres valencias y A significa metal de cuatro valencias.

Los ejemplos de partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas que se describen en el presente documento incluyen, sin limitación, partículas de pigmento que comprenden una capa magnética M hecha de uno o más de entre un metal magnético tal como cobalto (Co), hierro (Fe), gadolinio (Gd) o níquel (Ni); y una aleación magnética de hierro, cobalto o níquel, en donde dichas partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta pueden ser estructuras multicapas que comprendan una o más capas adicionales. Preferentemente, la una o más capas adicionales son capas A hechas independientemente de uno o más materiales seleccionados entre el grupo que consiste en fluoruros metálicos tales como fluoruro de magnesio ( $\text{MgF}_2$ ), óxido de silicio ( $\text{SiO}$ ), dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ), óxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ), sulfuro de cinc ( $\text{ZnS}$ ) y óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), más preferentemente dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ); o capas B hechas independientemente de uno o más materiales seleccionados entre el grupo que consiste en metales y aleaciones metálicas, preferentemente seleccionados entre el grupo que consiste en metales reflectantes y aleaciones metálicas reflectantes, y más preferentemente seleccionados entre el grupo que consiste en aluminio (Al), cromo (Cr) y níquel (Ni), y todavía más preferentemente aluminio (Al); o una combinación de una o más capas A tales como las descritas anteriormente y una o más capas B tales como las descritas anteriormente. Los ejemplos típicos de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta que son estructuras multicapa descritas anteriormente en el presente documento 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 entre las descritas anteriormente en el presente documento.

Al menos parte de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas que se describen en el

presente documento pueden estar constituidas por partículas de pigmento magnéticas o magnetizables ópticamente variables no esféricas y/o partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas que no tengan propiedades ópticamente variables. Preferentemente, al menos una parte de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas que se describen en el presente documento está constituida por partículas de pigmento magnéticas o magnetizables ópticamente variables no esféricas. Además de la seguridad no encubierta proporcionada por la propiedad de cambio de color de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables ópticamente variables no esféricas, que permite detectar, reconocer y/o diferenciar fácilmente un artículo o documento de seguridad portador de una tinta, una composición de recubrimiento curable por radiación, un recubrimiento o capa que comprende las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables ópticamente variables no esféricas que se describen en el presente documento, de sus posibles falsificaciones usando los sentidos humanos sin ayuda, las propiedades ópticas de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables ópticamente variables en forma de plaqueta también pueden usarse como una herramienta legible mediante una máquina para el reconocimiento de la OEL. Por tanto, las propiedades ópticas de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables ópticamente variables no esféricas pueden usarse simultáneamente como una característica de seguridad encubierta o semi-encubierta en un proceso de autenticación en donde se analizan las propiedades ópticas (por ejemplo, espectrales) de las partículas de pigmento. El uso de partículas de pigmento magnéticas o magnetizables ópticamente variables no esféricas en composiciones de recubrimiento curables por radiación para producir una OEL potencia la importancia de la OEL como característica de seguridad en aplicaciones de documentos de seguridad, porque dichos materiales (es decir, partículas de pigmento magnéticas o magnetizables ópticamente variables no esféricas) están reservados a la industria de la impresión de documentos de seguridad y no están disponibles en el mercado para el público.

Por otra parte, y debido a sus características magnéticas, las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas que se describen en el presente documento son legibles mediante una máquina y, por lo tanto, pueden detectarse composiciones de recubrimiento curables por radiación que comprenden esas partículas de pigmento, por ejemplo, con detectores magnéticos específicos. Por lo tanto, pueden usarse composiciones de recubrimiento curables por radiación que comprenden las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas que se describen en el presente documento como elemento de seguridad encubierto o semi-encubierto (herramienta de autenticación) para documentos de seguridad.

Como se ha mencionado anteriormente, preferentemente al menos una parte de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas está constituida por partículas de pigmento magnéticas o magnetizables ópticamente variables no esféricas. Éstas pueden seleccionarse más preferentemente entre el grupo que consiste en partículas de pigmento de interferencia de película delgada magnéticas no esféricas, partículas de pigmento de cristal líquido colestérico magnéticas no esféricas, partículas de pigmento recubiertas de interferencia no esféricas que comprenden un material magnético y mezclas de dos o más de las mismas.

Los expertos en la materia conocen partículas de pigmento de interferencia de película delgada magnéticas, y se desvelan, 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 A1 y en los documentos citados en los mismos. Preferentemente, las partículas de pigmento de interferencia de película delgada magnéticas 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.

Las estructuras multicapa Fabry-Perot de cinco capas preferidas consisten en estructuras multicapa de capa absorbente/dieléctrica/reflectora/dieléctrica/absorbente, donde la capa reflectora y/o absorbente también es una capa magnética, preferentemente, la capa reflectora y/o 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/u 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 de capa absorbente/dieléctrica/reflectora/magnética/dieléctrica/absorbente.

Las estructuras multicapa Fabry Perot preferidas de siete capas consisten en estructuras multicapa de capa absorbente/dieléctrica/reflectora/magnética/reflectora/dieléctrica/absorbente, como se desvela en el documento US 4.838.648.

Preferentemente, las capas reflectoras que se describen en el presente documento están hechas independientemente de uno o más materiales seleccionados entre el grupo que consiste en metales y aleaciones metálicas, preferentemente seleccionados entre el grupo que consiste en metales reflectantes y aleaciones de metales reflectantes, más preferentemente seleccionados 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 entre el grupo que consiste en aluminio (Al), cromo (Cr), níquel (Ni) y aleaciones de los mismos, y todavía más preferentemente aluminio (Al). Preferentemente, las capas dieléctricas están hechas independientemente de uno o más materiales seleccionados

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 aluminio y sodio (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 ( $TiO_2$ ),  
 5 óxido de aluminio ( $Al_2O_3$ ), más preferentemente seleccionado entre el grupo que consiste en fluoruro de magnesio ( $MgF_2$ ) y dióxido de silicio ( $SiO_2$ ) y todavía más preferentemente fluoruro de magnesio ( $MgF_2$ ). Preferentemente, las capas absorbentes están hechas independientemente de uno o más materiales seleccionados 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  
 10 mismos, sulfuros metálicos de los mismos, carburos metálicos de los mismos y aleaciones metálicas de los mismos, más preferentemente seleccionados entre el grupo que consiste en cromo (Cr), níquel (Ni), óxidos metálicos de los mismos y aleaciones metálicas de los mismos, y todavía más preferentemente seleccionados 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  
 15 prefieren partículas de pigmento de interferencia de película delgada magnéticas que comprenden una estructura Fabry-Perot de siete capas, se prefiere particularmente que las partículas de pigmento de interferencia de película delgada magnéticas comprendan una estructura multicapa de capa absorbente/dieléctrica/reflectora/magnética/reflectora/dieléctrica/absorbente Fabry-Perot de siete capas que consiste en una estructura multicapa de  $Cr/MgF_2/Al/M/Al/MgF_2/Cr$ , en donde M es una capa magnética que 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).

Las partículas de pigmento de interferencia de película delgada magnéticas que se describen en el presente  
 25 documento pueden ser partículas de pigmento multicapa consideradas seguras para la salud humana y el medio ambiente y a base de, por ejemplo, estructuras multicapa Fabry-Perot de cinco capas, estructuras multicapa Fabry-Perot de seis capas y estructuras multicapa Fabry-Perot de siete capas, donde dichas partículas de pigmento incluyen una o más capas magnéticas que comprenden una aleación magnética que tiene una composición sustancialmente exenta de níquel que incluye de aproximadamente el 40 % en peso a aproximadamente el 90 % en  
 30 peso de hierro, de aproximadamente el 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. En el documento EP 2 402 401 A1, que se incorpora en el presente documento por referencia en su totalidad, pueden encontrarse ejemplos típicos de partículas de pigmento multicapa consideradas seguras para la salud humana y el medio ambiente.

Las partículas de pigmento de interferencia de película delgada magnéticas que se describen en el presente  
 35 documento normalmente se fabrican mediante una técnica de deposición convencional para las diferentes capas requeridas en una banda. Tras la deposición del número deseado de capas, por ejemplo, mediante deposición física de vapor (PVD, *Physical Vapor Deposition*), deposición química de vapor (CVD, *Chemical Vapor Deposition*) o deposición electrolítica, la pila de capas se retira de la banda, bien disolviendo una capa de liberación en un disolvente adecuado o desprendiendo el material de la banda. El material obtenido de este modo se descompone en  
 40 partículas de pigmento en forma de plaqueta que deben procesarse adicionalmente mediante trituración, molienda (tal como, por ejemplo, procesos de molienda por chorro) o cualquier método adecuado para obtener partículas de pigmento del tamaño requerido. El producto resultante consiste en partículas de pigmento en forma de plaqueta planas con bordes rotos, formas irregulares y diferentes relaciones de aspecto. Puede encontrarse información  
 45 adicional sobre la preparación de partículas de pigmento de interferencia de película delgada magnéticas en forma de plaqueta adecuadas, por ejemplo, en los documentos EP 1 710 756 A1 y EP 1 666 546 A1, que se incorporan en el presente documento por referencia.

Las partículas de pigmento de cristal líquido colestérico magnéticas adecuadas que presentan características  
 50 ópticamente variables incluyen, sin limitación, partículas de pigmento de cristal líquido colestérico monocapa magnéticas y partículas de pigmento de cristal líquido colestérico multicapa magnéticas. Dichas partículas de pigmento se desvelan, por ejemplo, en los documentos WO 2006/063926 A1, US 6.582.781 y US 6.531.221. El documento WO 2006/063926 A1 desvela monocapas y partículas de pigmento obtenidas a partir de las mismas con propiedades de alto brillo y cambio de color y con propiedades particulares adicionales tales como capacidad de  
 55 magnetización. Las monocapas y las partículas de pigmento desveladas, que se obtienen a partir de las mismas triturando 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 desvelan partículas de pigmento colestérico multicapa que comprenden la secuencia  $A^1/B/A^2$ , en donde  $A^1$  y  $A^2$  pueden ser idénticas o diferentes y cada una comprende al menos una capa colestérica, y B es una capa intermedia que absorbe toda o parte de la luz transmitida por las capas  $A^1$  y  $A^2$  y confiere propiedades magnéticas a dicha capa intermedia. El documento US  
 60 6.531.221 desvela partículas de pigmento colestérico multicapa que comprenden la secuencia A/B y, opcionalmente, C, en donde A y C son capas absorbentes que comprenden partículas de pigmento que confieren propiedades magnéticas, y B es una capa colestérica.

Los pigmentos recubiertos de interferencia adecuados que comprenden uno o más materiales magnéticos incluyen,  
 65 sin limitación, estructuras que consisten en un sustrato seleccionado entre el grupo que consiste en un núcleo

- recubierto con una o más capas, en donde al menos uno de entre el núcleo o la una o más capas tiene propiedades magnéticas. Por ejemplo, los pigmentos de interferencia recubiertos adecuados comprenden un núcleo hecho de un material magnético tal como los descritos anteriormente en el presente documento, estando dicho núcleo recubierto con una o más capas hechas de uno o más óxidos metálicos, o que tienen una estructura que consiste en un núcleo
- 5 hecho de micas sintéticas o naturales, silicatos estratificados (por ejemplo, talco, caolín y sericita), vidrios (por ejemplo, borosilicatos), dióxidos de silicio ( $\text{SiO}_2$ ), óxidos de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), óxidos de titanio ( $\text{TiO}_2$ ), grafitos y mezclas de dos o más de los mismos. Adicionalmente, pueden estar presentes una o más capas adicionales, tales como capas colorantes.
- 10 Las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas que se describen en el presente documento pueden tratarse en la superficie para protegerlas contra cualquier deterioro que pueda producirse en la composición de recubrimiento curable por radiación y/o para facilitar su incorporación en la composición de recubrimiento curable por radiación; normalmente pueden usarse materiales inhibidores de la corrosión y/o agentes humectantes.
- 15 De acuerdo con una realización y a condición de que las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas sean partículas de pigmento en forma de plaqueta, el proceso para producir la capa de efecto óptico que se describe en el presente documento puede comprender además una etapa de exponer la composición de recubrimiento curable por radiación que se describe en el presente documento a un campo magnético dinámico de un primer dispositivo generador de campo magnético para orientar biaxialmente al menos una parte de las partículas
- 20 de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta, llevándose a cabo dicha etapa después de la etapa i) y antes de la etapa ii). En el documento WO 2015/ 086257 A1 se desvelan procesos que comprenden una etapa de este tipo de exponer una composición de recubrimiento a un campo magnético dinámico de un primer dispositivo generador de campo magnético para orientar biaxialmente al menos una parte de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta antes de una etapa de exponer adicionalmente la composición de recubrimiento a un segundo dispositivo generador de campo magnético, en particular al campo magnético del conjunto magnético que se describe en el presente documento. Posteriormente a la exposición de la composición de recubrimiento curable por radiación al campo magnético dinámico del primer dispositivo generador de campo magnético que se describe en el presente documento y mientras la composición de recubrimiento curable por radiación está todavía húmeda o es lo suficientemente blanda de manera que las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta que contiene puedan moverse y girarse adicionalmente, las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta se reorientan adicionalmente mediante el uso del aparato que se describe en el presente documento.
- 25
- 30 Llevar a cabo una orientación biaxial significa forzar partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta a orientarse de manera tal que sus dos ejes principales estén constreñidos. Es decir, puede considerarse que cada partícula de pigmento magnética o magnetizable en forma de plaqueta tiene un eje mayor en el plano de la partícula de pigmento y un eje menor ortogonal en el plano de la partícula de pigmento. Los ejes mayor y menor de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta se orientan de acuerdo con el campo magnético dinámico. Efectivamente, esto da como resultado que partículas de pigmento magnéticas en forma de plaqueta vecinas que están próximas entre sí en el espacio estén esencialmente paralelas entre sí. Con el fin de realizar una orientación biaxial, las partículas de pigmento magnéticas en forma de plaqueta deben someterse a un campo magnético externo fuertemente dependiente del tiempo. Dicho de otra manera, la orientación biaxial alinea los planos de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta de manera que los planos de dichas partículas de pigmento se orienten para que estén esencialmente paralelos con respecto a los
- 35
- 40 planos de partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta vecinas (en todas las direcciones). En una realización, el campo magnético dinámico orienta tanto el eje mayor como el eje menor perpendicular al eje mayor descrito anteriormente en el presente documento de los planos de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta, de manera que las partículas de pigmento vecinas (en todas las direcciones) tienen sus ejes mayor y menor alineados entre sí.
- 45
- 50 De acuerdo con una realización, la etapa de llevar a cabo una orientación biaxial de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta conduce a una orientación magnética en donde las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta tienen sus dos ejes principales sustancialmente paralelos a la superficie del sustrato. Para una alineación de este tipo, las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta se planarizan dentro de la composición de recubrimiento curable por radiación sobre el sustrato y se orientan con su eje X y su eje Y (que se muestran en la Figura 1 del documento WO 2015/086257 A1) paralelos a la superficie del sustrato.
- 55
- 60 De acuerdo con otra realización, la etapa de realizar una orientación biaxial de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta conduce a una orientación magnética en donde las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta tienen un primer eje dentro del plano X-Y sustancialmente paralelo a la superficie del sustrato y un segundo eje que es sustancialmente perpendicular a dicho primer eje a un ángulo de elevación sustancialmente distinto de cero con respecto a la superficie del sustrato.
- 65 De acuerdo con otra realización, la etapa de realizar una orientación biaxial de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta conduce a una orientación magnética en donde las partículas de

pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta tienen su plano X-Y sustancialmente paralelo a una superficie esférica imaginaria.

5 Se desvelan dispositivos generadores de campo magnético preferidos para orientar biaxialmente las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta en el documento EP 2 157 141 A1. El dispositivo generador de campo magnético desvelado en el documento EP 2 157 141 A1 proporciona un campo magnético dinámico que cambia su dirección forzando las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta a oscilar rápidamente hasta que los dos ejes principales, eje X y eje Y, se vuelven sustancialmente paralelos a la superficie del sustrato, es decir, las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de  
10 plaqueta giran hasta que llegan a la formación estable en forma de lámina con sus ejes X e Y sustancialmente paralelos a la superficie del sustrato y se planarizan en dichas dos dimensiones.

Otros dispositivos generadores de campo magnético particularmente preferidos para orientar biaxialmente las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta comprenden matrices Halbach de imanes permanentes lineales, es decir, conjuntos que comprenden una pluralidad de imanes con diferentes direcciones de magnetización. Z. Q. Zhu y D. Howe proporcionaron una descripción detallada de imanes Halbach permanentes ("*Halbach permanent magnet machines and applications: a review, IEE*". *Proc. Electric Power Appl.*, 2001, 148, páginas 299-308). El campo magnético producido por una matriz Halbach de este tipo tiene las propiedades de que se concentra en un lado mientras que se debilita casi a cero en el otro lado. La Solicitud relacionada EP 14195159.0 desvela dispositivos adecuados para orientar biaxialmente partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta, en donde dichos dispositivos comprenden un conjunto de cilindros Halbach. Otros dispositivos generadores de campo magnético particularmente preferidos para orientar biaxialmente las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta son imanes giratorios, comprendiendo dichos imanes giratorios en forma de disco o conjuntos de imanes que se magnetizan esencialmente a lo largo de su diámetro. En el  
20 documento US 2007/0172261 A1 se describen imanes giratorios o conjuntos de imanes adecuados, dichos imanes giratorios o conjuntos de imanes generan campos magnéticos variables en el tiempo radialmente simétricos, permitiendo la biorientación de partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta de una composición de recubrimiento aún no curada o endurecida. Estos imanes o conjuntos de imanes son impulsados por un eje (o husillo) conectado a un motor externo. El documento CN 102529326 B desvela ejemplos de dispositivos generadores de campo magnético que comprenden imanes giratorios que podrían ser adecuados para orientar biaxialmente partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta. En una realización preferida, los dispositivos de generación de campo magnético adecuados para orientar biaxialmente partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta son imanes giratorios en forma de disco exentos de eje o conjuntos de imanes constreñidos en una carcasa hecha de materiales no magnéticos, preferentemente no conductores, y son impulsados por una o más bobinas de alambre magnético enrolladas alrededor de la carcasa. Se desvelan ejemplos de dichos imanes giratorios en forma de disco exentos de eje o conjuntos de imanes en el  
30 documento WO 2015/082344 A1 y en la Solicitud relacionada EP 14181939.1.

El sustrato que se describe en el presente documento se selecciona preferentemente entre el grupo que consiste en papeles u otros materiales fibrosos, tales como celulosa, materiales que contienen papel, vidrios, metales, cerámicas, plásticos y polímeros, plásticos o polímeros metalizados, materiales compuestos y mezclas o combinaciones de los mismos. El papel típico, los materiales de tipo papel o fibrosos de otro tipo están hechos de una diversidad de fibras, incluyendo, sin limitación, cáñamo de Manila, algodón, lino, pasta de madera y mezclas de los mismos. Como saben bien los expertos en la materia, se prefieren mezclas de algodón y algodón/lino para billetes de banco, mientras que se usa habitualmente pasta de madera en documentos de seguridad distintos de billetes de banco. Los ejemplos típicos de plásticos y polímeros incluyen poliolefinas tales como polietileno (PE) y polipropileno (PP), poliamidas, poliésteres, tales como poli(etilentereftalato) (PET), poli(1,4-butilentereftalato) (PBT), poli(2,6-naftoato de etileno) (PEN) y polivinilcloruro (PVC). También pueden usarse como sustrato fibras de olefina hiladas, tales como aquellas comercializadas con la marca registrada Tyvek®. Los ejemplos típicos de plásticos o polímeros metalizados incluyen los materiales de plástico o polímero descritos anteriormente en el presente documento que tienen un metal dispuesto de manera continua o discontinua sobre su superficie. Los ejemplos típicos de metales incluyen, sin limitación, aluminio (Al), cromo (Cr), cobre (Cu), oro (Au), hierro (Fe), níquel (Ni), plata (Ag), combinaciones de los mismos y aleaciones de dos o más de los metales mencionados anteriormente. La metalización de los materiales de plástico o polímero descritos anteriormente en el presente documento se puede realizar mediante un proceso de electrodeposición, un proceso de recubrimiento de alto vacío o mediante un proceso de pulverización catódica. Los ejemplos típicos de materiales compuestos incluyen, sin limitación, estructuras o laminados de múltiples capas de papel y al menos un material de plástico o polímero, tal como aquellos descritos anteriormente en el presente documento, así como fibras de plástico y/o polímero incorporadas en un material de tipo papel o fibroso, tal como aquellos descritos anteriormente en el presente documento. Por supuesto, el sustrato puede comprender aditivos adicionales que son conocidos por el experto en la materia, tales como agentes de dimensionamiento, blanqueadores, adyuvantes de procesamiento, agentes de refuerzo o de resistencia en húmedo, etc. El sustrato que se describe en el presente documento puede proporcionarse en forma de una banda (por ejemplo, una lámina continua de los materiales descritos anteriormente) o en forma de láminas. Si la OEL producida de acuerdo con la presente invención está en un documento de seguridad, y tiene el objetivo de aumentar todavía  
60 más el nivel de seguridad y la resistencia contra la falsificación y la reproducción ilegal de dicho documento de seguridad, el sustrato puede comprender indicios, marcas de agua, hilos de seguridad, fibras, planchetes,

compuestos luminiscentes, ventanas, láminas de metal, calcomanías y combinaciones de dos o más de los mismos impresos, recubiertos, o marcados con láser o perforados con láser. Con el mismo objetivo de aumentar adicionalmente el nivel de seguridad y la resistencia contra la falsificación y la reproducción ilegal de documentos de seguridad, el sustrato puede comprender una o más sustancias marcadoras o marcadores y/o sustancias legibles mediante una máquina (por ejemplo, sustancias luminiscentes, sustancias absorbentes de UV/visible/IR, sustancias magnéticas y combinaciones de las mismas).

En el presente documento también se describen conjuntos magnéticos (x30) y el procesamiento usando dichos conjuntos magnéticos (x30) para producir una OEL (x10) tal como las que se describen en el presente documento sobre el sustrato (x20) que se describe en el presente documento, comprendiendo dicha OEL las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas que se orientan en la composición de recubrimiento curable por radiación curada tal como se describe en el presente documento.

El conjunto magnético (x30) comprende:

siendo el dispositivo (x31) generador de campo magnético en forma de bucle ya sea un único imán en forma de bucle o una combinación de dos o más imanes dipolares dispuestos en una disposición en forma de bucle, teniendo el dispositivo (x31) generador de campo magnético en forma de bucle una magnetización radial, y teniendo el único imán dipolar (x32) un eje magnético sustancialmente perpendicular a la superficie del sustrato (x20) o dos o más imanes dipolares (x32), teniendo cada uno de dichos dos o más imanes dipolares (x32) un eje magnético sustancialmente perpendicular a la superficie del sustrato (x20), en donde el único imán dipolar (x32) o los dos o más imanes dipolares (x32) se encuentran parcialmente dentro, dentro o encima del bucle definido por el único imán (x31) en forma de bucle o dentro del bucle definido por los dos o más imanes dipolares (x31) dispuestos en la disposición en forma de bucle, y en donde el polo sur de dicho único imán dipolar (x32) o el polo sur de cada uno de dichos dos o más imanes dipolares (x32) está apuntando hacia la superficie del sustrato (x20) cuando el polo norte del único imán en forma de bucle o de los dos o más imanes dipolares que forman el dispositivo (x31) generador de campo magnético en forma de bucle está apuntando hacia la periferia de dicho dispositivo (x31) generador de campo magnético en forma de bucle o en donde el polo norte de dicho único imán dipolar (x32) o el polo norte de cada uno de dichos dos o más imanes dipolares (x32) está apuntando hacia la superficie del sustrato (x20) cuando el polo sur del único imán en forma de bucle o de los dos o más imanes dipolares que forman el dispositivo (x31) generador de campo magnético en forma de bucle está apuntando hacia la periferia de dicho dispositivo (x31) generador de campo magnético en forma de bucle, opcionalmente la una o más piezas polares (x33) en forma de bucle que se describen en el presente documento, en donde el único imán dipolar (x32) o los dos o más imanes dipolares (x32) se disponen en el bucle de dichas una o más piezas polares (x33) en forma de bucle; opcionalmente el uno o más imanes dipolares (x34) que se describen en el presente documento, en donde cada uno de dicho uno o más imanes dipolares (x34) tiene su eje magnético sustancialmente perpendicular al sustrato (x20) y tiene su polo norte apuntando hacia la superficie del sustrato (x20) cuando el único imán dipolar (x32) o los dos o más imanes dipolares (x32) tienen su polo sur apuntando hacia el sustrato (x20), o en donde cada uno de dicho uno o más imanes dipolares (x34) tiene su eje magnético sustancialmente perpendicular al sustrato (x20) y tiene su polo sur apuntando hacia la superficie del sustrato (x20) cuando el único imán dipolar (x32) o los dos o más imanes dipolares (x32) tienen su polo norte apuntando hacia el sustrato (x20); y opcionalmente una o más piezas polares (x35).

El conjunto magnético (x30) que se describe en el presente documento puede comprender una o más matrices de soporte (x36) para sujetar el dispositivo (x31) generador de campo magnético en forma de bucle que se describe en el presente documento, el único imán dipolar (x32) o los dos o más imanes dipolares (x32) que se describen en el presente documento, la una o más piezas polares (x33) en forma de bucle opcionales que se describen en el presente documento, el uno o más imanes dipolares (x34) opcionales que se describen en el presente documento y la una o más piezas polares (x35) opcionales que se describen en el presente documento.

Las una o más matrices de soporte (x36) que se describen en el presente documento están hechas independientemente de uno o más materiales no magnéticos. Los materiales no magnéticos se seleccionan preferentemente entre el grupo de materiales poco conductores, materiales no conductores y mezclas de los mismos, tales como, por ejemplo, plásticos y polímeros diseñados, aluminio, aleaciones de aluminio, titanio, aleaciones de titanio y aceros austeníticos (es decir, aceros no magnéticos). Los plásticos y polímeros diseñados incluyen, sin limitación, poliariletercetonas (PAEK) y sus derivados polieteretercetonas (PEEK), polietercetonacetona (PEKK), polieteretercetonacetona (PEEKK) y polietercetonaeetercetonacetona (PEKEKK); poliacetales, poliamidas, poliésteres, poliéteres, copolieterésteres, poliiimidas, polieterimididas, polietileno de alta densidad (HDPE), polietileno de ultra alto peso molecular (UHMWPE), tereftalato de polibutileno (PBT), polipropileno, copolímero de acrilonitrilo butadieno estireno (ABS), polietilenos fluorados y perfluorados, poliestirenos, policarbonatos, sulfuro de polifenileno (PPS) y polímeros de cristal líquido. Son materiales preferidos PEEK (polieteretercetonas), POM (polioximetileno), PTFE (politetrafluoroetileno), Nylon® (poliamida) y PPS.

Cuando se usa más de una matriz de soporte, es decir, se usan dos o más matrices de soporte (x36a, x36b, etc.), la

distancia (d) entre la superficie superior de una de estas dos o más matrices de soporte y la superficie inferior de la otra de estas dos o más matrices de soporte es preferentemente de entre aproximadamente 0 y aproximadamente 5 mm y más preferentemente la distancia (d) es de 0.

5 El conjunto magnético (x30) que se describe en el presente documento comprende un dispositivo (x31) generador de campo magnético en forma de bucle que

i) puede estar hecho de un único imán en forma de bucle, o

ii) puede ser una combinación de dos o más imanes dipolares dispuestos en una disposición en forma de bucle.

10 De acuerdo con una realización, el dispositivo (x31) generador de campo magnético en forma de bucle es un único imán en forma de bucle que tiene un eje magnético sustancialmente paralelo a la superficie del sustrato (x20) y que tiene una dirección radial, es decir, que tiene su eje magnético dirigido desde el área central del bucle del imán en forma de bucle hacia la periferia cuando se observa desde la parte superior (es decir, desde el lado del sustrato (x20)) o, en otras palabras, que tiene su polo norte o polo sur apuntando radialmente hacia el área central del bucle del imán dipolar en forma de bucle.

20 De acuerdo con una realización, el dispositivo (x31) generador de campo magnético en forma de bucle es una combinación de dos o más imanes dipolares dispuestos en una disposición en forma de bucle, teniendo cada uno de los dos o más imanes dipolares un eje magnético sustancialmente paralelo a la superficie del sustrato (x20). Los dos o más imanes dipolares de la combinación que se describe en el presente documento tienen su polo norte o polo sur apuntando hacia el área central de la disposición en forma de bucle, dando como resultado, por tanto, una magnetización radial. Los ejemplos típicos de combinaciones de dos o más imanes dipolares dispuestos en una disposición en forma de bucle incluyen, sin limitación, una combinación de dos imanes dipolares dispuestos en una disposición en forma de bucle circular, tres imanes dipolares dispuestos en una disposición triangular en forma de bucle o una combinación de cuatro imanes dipolares dispuestos en una disposición cuadrada o rectangular en forma de bucle.

30 El dispositivo (x31) generador de campo magnético en forma de bucle puede disponerse de forma simétrica parcialmente dentro o dentro de la una o más matrices de soporte (x36) o puede disponerse de forma no simétrica parcialmente dentro o dentro de la una o más matrices de soporte (x36).

35 Los imanes en forma de bucle y los dos o más imanes dipolares dispuestos en una disposición (x31) en forma de bucle están preferentemente hechos independientemente de materiales de alta coercitividad (también denominados materiales magnéticos fuertes). Los materiales de alta coercitividad adecuados son materiales que tienen un valor máximo de producto energético  $(BH)_{\text{máx}}$  de al menos 20 kJ/m<sup>3</sup>, preferentemente al menos 50 kJ/m<sup>3</sup>, más preferentemente al menos 100 kJ/m<sup>3</sup>, incluso más preferentemente al menos 200 kJ/m<sup>3</sup>. Están hechos preferentemente de uno o más materiales magnéticos sinterizados o unidos con polímeros seleccionados entre el grupo que consiste en Alnicos tales como, por ejemplo, Alnico 5 (R1-1-1), Alnico 5 DG (R1-1-2), Alnico 5-7 (R1-1-3), Alnico 6 (R1-1-4), Alnico 8 (R1-1-5), Alnico 8 HC (R1-1-7) y Alnico 9 (R1-1-6); hexaferritas de fórmula  $MFe_{12}O_{19}$ , (por ejemplo, hexaferrita de estroncio ( $SrO \cdot 6Fe_2O_3$ ) o hexaferritas de bario ( $BaO \cdot 6Fe_2O_3$ ), ferritas duras de fórmula  $MFe_2O_4$  (por ejemplo, como ferrita de cobalto ( $CoFe_2O_4$ ) o magnetita ( $Fe_3O_4$ )), en donde M es un ion de metal bivalente), cerámica 8 (SI-1-5); materiales magnéticos de tierras raras seleccionados entre el grupo que comprende  $RECo_5$  (con RE = Sm o Pr),  $RE_2TM_{17}$  (con RE = Sm, TM = Fe, Cu, Co, Zr, Hf),  $RE_2TM_{14}B$  (con RE = Nd, Pr, Dy, TM = Fe, Co); aleaciones anisotrópicas de Fe Cr Co; materiales seleccionados entre el grupo de PtCo, MnAlC, RE Cobalto 5/16, RE Cobalto 14. Preferentemente, los materiales de alta coercitividad de las barras magnéticas se seleccionan entre los grupos que consisten en materiales magnéticos de tierras raras, y más preferentemente entre el grupo que consiste en  $Nd_2Fe_{14}B$  y  $SmCo_5$ . Se prefieren en particular materiales compuestos magnéticos permanentes fácilmente maleables que comprenden una carga magnética permanente, tales como polvo de hexaferrita de estroncio ( $SrFe_{12}O_{19}$ ) o neodimio-hierro-boro ( $Nd_2Fe_{14}B$ ), en una matriz de tipo plástico o goma.

55 De acuerdo con una realización, el conjunto magnético (x30) que se describe en el presente documento comprende el dispositivo (x31) generador de campo magnético en forma de bucle tal como los que se describen en el presente documento y el único imán dipolar (x32) o los dos o más imanes dipolares (x32) tales como los que se describen en el presente documento.

60 De acuerdo con una realización, el conjunto magnético (x30) que se describe en el presente documento comprende el único imán dipolar (x32) que se describe en el presente documento, en donde dicho único imán dipolar (x32) tiene un eje magnético sustancialmente perpendicular a la superficie del sustrato (x20) y tiene su polo sur apuntando hacia la superficie del sustrato (x20) cuando el polo norte del único imán (x31) en forma de bucle o de los dos o más imanes dipolares que forman el dispositivo generador de campo magnético en forma de bucle está apuntando hacia la periferia de dicho dispositivo (x31) generador de campo magnético en forma de bucle, o que tiene su polo norte apuntando hacia la superficie del sustrato (x20) cuando el polo sur del único imán en forma de bucle o de los dos o más imanes dipolares que forman el dispositivo (x31) generador de campo magnético en forma de bucle está apuntando hacia la periferia de dicho dispositivo (x31) generador de campo magnético en forma de bucle.

65

De acuerdo con otra realización, el conjunto magnético (x30) que se describe en el presente documento comprende los dos o más imanes dipolares (x32) que se describen en el presente documento, en donde cada uno de dichos dos o más imanes dipolares (x32) tiene un eje magnético sustancialmente perpendicular a la superficie del sustrato (x20) y en donde el polo sur de cada uno de dichos dos o más imanes dipolares (x32) está apuntando hacia la superficie del sustrato (x20) cuando el polo norte del único imán (x31) en forma de bucle o de los dos o más imanes dipolares que forman el dispositivo (x31) generador de campo magnético en forma de bucle está apuntando hacia la periferia de dicho dispositivo (x31) generador de campo magnético en forma de bucle, o en donde el polo norte de cada uno de dichos dos o más imanes dipolares (x32) está apuntando hacia la superficie del sustrato (x20) cuando el polo sur del único imán (x31) en forma de bucle o de los dos o más imanes dipolares que forman el dispositivo (x31) generador de campo magnético en forma de bucle está apuntando hacia la periferia de dicho dispositivo (x31) generador de campo magnético en forma de bucle.

Los únicos imanes dipolares (x32) y los dos o más imanes dipolares (x32) están preferentemente hechos independientemente de materiales magnéticos fuertes tales como los descritos anteriormente en el presente documento para los imanes (x31) en forma de bucle.

De acuerdo con una realización y como se muestra por ejemplo en la Fig. 4A, el conjunto magnético (x30) que se describe en el presente documento comprende el dispositivo (x31) generador de campo magnético en forma de bucle tal como los que se describen en el presente documento, el único imán dipolar (x32) o los dos o más imanes dipolares (x32) tales como los que se describen en el presente documento y una o más piezas polares (x33) en forma de bucle.

El único imán dipolar (x32) o los dos o más imanes dipolares (x32) que se describen en el presente documento se disponen en el bucle de dicha una o más piezas polares (x33) en forma de bucle. El único imán dipolar (x32) o los dos o más imanes dipolares (x32) y la una o más piezas polares (x33) en forma de bucle preferentemente se disponen independientemente parcialmente dentro, dentro o encima del imán dipolar (x31) en forma de bucle o parcialmente dentro, dentro o encima de la combinación de imanes dipolares dispuestos en una disposición en forma de bucle. El único imán dipolar (x32) o los dos o más imanes dipolares (x32) y la una o más piezas polares (x33) en forma de bucle, pueden disponerse independientemente de forma simétrica o no simétrica dentro, parcialmente dentro o encima del bucle del dispositivo (x31) generador de campo magnético en forma de bucle.

Una pieza polar indica una estructura compuesta de un material magnético blando. Los materiales magnéticos blandos tienen una coercitividad baja y una saturación alta. Los materiales de saturación alta y coercitividad baja adecuados tienen una coercitividad inferior a  $1000 \text{ A}\cdot\text{m}^{-1}$ , para permitir una rápida magnetización y desmagnetización, y su saturación es preferentemente de al menos 0,1 Tesla, más preferentemente de al menos 1,0 Tesla e incluso más preferentemente de al menos 2 Tesla. Los materiales de coercitividad baja y saturación alta que se describen en el presente documento incluyen, sin limitación, hierro magnético blando (de hierro recocido y carbonil hierro), níquel, cobalto, ferritas blandas como la ferrita de manganeso-cinc o la ferrita de níquel-cinc, aleaciones de níquel-hierro (como los materiales de tipo permaleación), aleaciones de cobalto-hierro, silicio hierro y aleaciones de metales amorfos como Metglas® (aleación de hierro-boro), preferentemente hierro puro y silicio hierro (acero eléctrico), así como aleaciones de hierro-cobalto y níquel-hierro (materiales de tipo permaleación) y más preferentemente hierro. La pieza polar sirve para dirigir el campo magnético producido por un imán.

De acuerdo con una realización y como se muestra por ejemplo en la Fig. 5, el conjunto magnético (x30) que se describe en el presente documento comprende el dispositivo (x31) generador de campo magnético en forma de bucle tal como los que se describen en el presente documento, el único imán dipolar (x32) o los dos o más imanes dipolares (x32) tales como los que se describen en el presente documento, uno o más imanes dipolares (x34) tales como los que se describen en el presente documento y opcionalmente la una o más piezas polares (x33) en forma de bucle tales como las que se describen en el presente documento.

De acuerdo con una realización, el uno o más imanes dipolares (x34) que se describen en el presente documento pueden disponerse debajo del dispositivo (x31) generador de campo magnético en forma de bucle y debajo del único imán dipolar (x32) o debajo de los dos o más imanes dipolares (x32). De acuerdo con otra realización, el uno o más imanes dipolares (x34) que se describen en el presente documento pueden disponerse al menos parcialmente encima del dispositivo (x31) generador de campo magnético en forma de bucle. De acuerdo con otra realización, el uno o más imanes dipolares (x34) que se describen en el presente documento pueden disponerse coplanares con el dispositivo (x31) generador de campo magnético en forma de bucle.

Cada uno del uno o más imanes dipolares (x34) que se describen en el presente documento tiene su eje magnético sustancialmente perpendicular al sustrato (x20) con su polo norte apuntando hacia la superficie del sustrato (x20) cuando el único imán dipolar (x32) o los dos o más imanes dipolares (x32) tienen su polo sur apuntando hacia el sustrato (x20), o tiene su eje magnético sustancialmente perpendicular al sustrato (x20) con su polo sur apuntando hacia la superficie del sustrato (x20) cuando el único imán dipolar (x32) o los dos o más imanes dipolares (x32) tienen su polo norte apuntando hacia el sustrato (x20).

El uno o más imanes dipolares (x34) que se describen en el presente documento están preferentemente hechos

independientemente de materiales magnéticos fuertes tales como los descritos anteriormente en el presente documento para los imanes (x31) en forma de bucle.

5 El uno o más imanes dipolares (x34) que se describen en el presente documento pueden disponerse de forma simétrica parcialmente dentro o dentro de la una o más matrices de soporte (x36) o pueden disponerse de forma no simétrica parcialmente dentro o dentro de la una o más matrices de soporte (x36).

10 De acuerdo con una realización, el conjunto magnético (x30) que se describe en el presente documento comprende el dispositivo (x31) generador de campo magnético en forma de bucle tal como los que se describen en el presente documento, el único imán dipolar (x32) o los dos o más imanes dipolares (x32) tales como los que se describen en el presente documento, una o más piezas polares (x35), opcionalmente la una o más piezas polares (x33) en forma de bucle tales como las que se describen en el presente documento, y opcionalmente el uno o más imanes dipolares (x34) tales como los que se describen en el presente documento, en donde dichas una o más piezas polares (x35) se disponen debajo del dispositivo (x31) generador de campo magnético en forma de bucle y debajo del único imán dipolar (x32) o los dos o más imanes dipolares (x32).

20 La una o más piezas polares (x35) pueden ser piezas polares en forma de bucle o piezas polares en forma sólida (es decir, piezas polares que no comprenden un área central que carece del material de dichas piezas polares), preferentemente piezas polares en forma sólida y más preferentemente piezas polares en forma de disco.

25 La una o más piezas polares (x35) pueden disponerse encima del dispositivo (x31) generador de campo magnético en forma de bucle. Como alternativa y preferentemente, la una o más piezas polares (x35) pueden disponerse debajo del dispositivo (x31) generador de campo magnético en forma de bucle y debajo del único imán dipolar (x32) o los dos o más imanes dipolares (x32).

La una o más piezas polares (x35) preferentemente están hechas independientemente de materiales de coercitividad baja y saturación alta tales como los descritos en el presente documento anteriormente para la una o más piezas polares (x33) en forma de bucle.

30 La distancia (e) entre la superficie superior de la una o más piezas polares (x35) y la superficie inferior del dispositivo (x31) generador de campo magnético en forma de bucle, el único imán dipolar (x32) o los dos o más imanes dipolares (x32), la una o más piezas polares (x33) en forma de bucle opcionales, el uno o más imanes dipolares (x34) opcionales y la una o más matrices de soporte (x36) del conjunto magnético (x30) que se describe en el presente documento es preferentemente de entre aproximadamente 0 y aproximadamente 10 mm y más  
35 preferentemente de entre aproximadamente 0 y aproximadamente 5 mm.

40 La distancia (h) entre la superficie superior del dispositivo (x31) generador de campo magnético en forma de bucle, el único imán dipolar (x32) o los dos o más imanes dipolares (x32), la una o más piezas polares (x33) en forma de bucle opcionales, el uno o más imanes dipolares (x34) opcionales y la una o más matrices de soporte (x36) del conjunto magnético (x30) que se describe en el presente documento y la superficie más baja del sustrato (x20) orientada al conjunto magnético (x30) es preferentemente de entre aproximadamente 0 y aproximadamente 10 mm y más preferentemente de entre aproximadamente 0 y aproximadamente 5 mm.

45 Los materiales del dispositivo (x31) generador de campo magnético en forma de bucle, los materiales de los imanes dipolares (x32), los materiales de la una o más piezas polares (x33) en forma de bucle, los materiales del uno o más imanes dipolares (x34), los materiales de la una o más piezas polares (x35) y las distancias (d), (h) y (e) se seleccionan de manera que el campo magnético resultante de la interacción del campo magnético producido por el conjunto de imanes (x30) y la una o más piezas polares (x35) sea adecuado para producir las capas de efecto óptico que se describen en el presente documento. El campo magnético producido por el conjunto de imanes (x30) y la una  
50 o más piezas polares (x35), pueden interactuar de manera que el campo magnético resultante del aparato sea capaz de orientar las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas en una composición de recubrimiento curable por radiación aún sin curar sobre el sustrato, que se disponen en el campo magnético del aparato para producir una impresión óptica de uno o más cuerpos en forma de bucle que tienen una forma que varía tras inclinar la capa de efecto óptico.

55 La Fig. 1 ilustra un ejemplo de un conjunto magnético (130) adecuado para producir capas de efecto óptico (OEL) (110) que comprende partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas sobre un sustrato (120) de acuerdo con la presente invención. El conjunto magnético (130) comprende una matriz de soporte (136), un dispositivo (131) generador de campo magnético en forma de bucle, en particular una combinación de quince imanes dipolares dispuestos en una disposición anular en forma de bucle y un único imán dipolar (132).

60 El dispositivo (131) generador de campo magnético en forma de bucle está hecho de una combinación de quince imanes dipolares dispuestos en una disposición (131) anular en forma de bucle, en donde cada uno de dichos quince imanes dipolares tiene un eje magnético paralelo al sustrato (120). Cada uno de los quince imanes dipolares tiene su polo norte apuntando hacia el área central de dicho dispositivo (131) generador de campo magnético en forma de bucle y su polo sur apuntando radialmente hacia la periferia de dicho dispositivo (131) generador de campo

magnético en forma de bucle, dando como resultado una magnetización radial.

El conjunto magnético (130) comprende a) un dispositivo (131) generador de campo magnético en forma de bucle que es una combinación de quince imanes dipolares dispuestos en una disposición anular en forma de bucle y b) un  
 5 único imán dipolar (132). Como se muestra en la Fig. 1, el único imán dipolar (132) puede disponerse de forma simétrica parcialmente dentro del bucle del dispositivo (131) generador de campo magnético en forma de anillo.

El único imán dipolar (132) tiene un eje magnético sustancialmente perpendicular a la superficie del sustrato (120) con su polo norte apuntando hacia el sustrato (120).  
 10

La distancia entre la superficie superior de la matriz de soporte (136), el dispositivo (131) generador de campo magnético en forma de bucle y el único imán dipolar (132) (es decir, la superficie superior del único imán dipolar (132) en la Fig. 1) y la superficie inferior del sustrato (120) orientada al conjunto magnético (130) es preferentemente de entre aproximadamente 0,1 y aproximadamente 10 mm y más preferentemente de entre aproximadamente 0,2 y  
 15 aproximadamente 5 mm.

La OEL resultante producida por el conjunto magnético ilustrado en la Fig. 1A-B se muestra en la Fig. 1C.

La Fig. 2 ilustra un ejemplo de un conjunto magnético (230) adecuado para producir capas de efecto óptico (OEL) (210) que comprende partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas sobre un sustrato (220) de acuerdo con la presente invención. El conjunto magnético (230) comprende una matriz de soporte (236), un dispositivo (231) generador de campo magnético en forma de bucle, en particular una combinación de tres imanes dipolares dispuestos en una disposición triangular en forma de bucle y un único imán dipolar (232).  
 20

Los dispositivos (231) generadores de campo magnético en forma de bucle están hechos de una combinación de tres imanes dipolares dispuestos en una disposición (231) triangular en forma de bucle, en donde cada uno de dichos tres imanes dipolares tiene un eje magnético paralelo al sustrato (220). Cada uno de los tres imanes dipolares tiene su polo norte apuntando hacia el área central de dicho dispositivo (231) generador de campo magnético en forma de bucle y su polo sur apuntando radialmente hacia la periferia de dicho dispositivo (231) generador de campo magnético en forma de bucle, dando como resultado una magnetización radial.  
 25  
 30

El conjunto magnético (230) comprende a) un dispositivo (231) generador de campo magnético en forma de bucle que es una combinación de tres imanes dipolares dispuestos en una disposición triangular en forma de bucle y b) un único imán dipolar (232). Como se muestra en la Fig. 2, el único imán dipolar (232) puede disponerse de forma simétrica parcialmente dentro del bucle del dispositivo (231) generador de campo magnético triangular en forma de bucle.  
 35

El único imán dipolar (232) tiene un eje magnético sustancialmente perpendicular a la superficie del sustrato (220) con su polo norte apuntando hacia el sustrato (220).  
 40

La distancia (h) entre la superficie superior de la matriz de soporte (236), el dispositivo (231) generador de campo magnético en forma de bucle y el único imán dipolar (232) (es decir, la superficie superior del único imán dipolar (232) en la Fig. 2) y la superficie inferior del sustrato (220) orientada al conjunto magnético (230) es preferentemente de entre aproximadamente 0 y aproximadamente 10 mm y más preferentemente de entre aproximadamente 0 y  
 45 aproximadamente 5 mm.

La OEL resultante producida por el conjunto magnético ilustrado en la Fig. 2A-B se muestra en la Fig. 2C.

La Fig. 3 ilustra un ejemplo de un conjunto magnético (330) adecuado para producir capas de efecto óptico (OEL) (310) que comprende partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas sobre un sustrato (320) de acuerdo con la presente invención. El conjunto magnético (330) comprende una matriz de soporte (336), un dispositivo generador de campo magnético en forma de bucle que es una combinación de cuatro imanes dipolares dispuestos en una disposición (331) cuadrada en forma de bucle y un único imán dipolar (332) de barra.  
 50

El dispositivo (331) generador de campo magnético en forma de bucle está hecho de una combinación de cuatro imanes dipolares dispuestos en una disposición (331) cuadrada en forma de bucle, en donde cada uno de dichos cuatro imanes dipolares tiene un eje magnético paralelo al sustrato (320). Cada uno de los cuatro imanes dipolares tiene su polo norte apuntando hacia el área central de dicho dispositivo (331) generador de campo magnético en forma de bucle y su polo sur apuntando radialmente hacia la periferia de dicho dispositivo (331) generador de campo magnético en forma de bucle, dando como resultado una magnetización radial.  
 55  
 60

El conjunto magnético (330) comprende a) un dispositivo (331) generador de campo magnético en forma de bucle que es una combinación de cuatro imanes dipolares dispuestos en una disposición cuadrada en forma de bucle y b) un único imán dipolar (332). Como se muestra en la Fig. 3, el único imán dipolar (332) puede disponerse simétricamente encima del bucle del dispositivo (331) generador de campo magnético en forma de bucle.  
 65

El único imán dipolar (332) tiene un eje magnético sustancialmente perpendicular a la superficie del sustrato (320) con el polo norte apuntando hacia el sustrato (320).

5 La distancia (h) entre la superficie superior de la matriz de soporte (336), el dispositivo (331) generador de campo magnético en forma de bucle y el único imán dipolar (332) (es decir, la superficie superior del único imán dipolar (332) en la Fig. 3) y la superficie inferior del sustrato (320) orientada al conjunto magnético (330) es preferentemente de entre aproximadamente 0 y aproximadamente 10 mm y más preferentemente de entre aproximadamente 0 y aproximadamente 5 mm.

10 La OEL resultante producida por el conjunto magnético ilustrado en la Fig. 3A-B se muestra en la Fig. 3C.

15 La Fig. 4 ilustra un ejemplo de un conjunto magnético (430) para producir capas de efecto óptico (OEL) (410) que comprende partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas sobre un sustrato (420) de acuerdo con la presente invención. Los conjuntos magnéticos (430) comprenden dos matrices de soporte (436a, 436b), un dispositivo generador de campo magnético en forma de bucle que es una combinación de cuatro imanes dipolares dispuestos en una disposición (431) cuadrada en forma de bucle, un único imán dipolar (432) de barra y una o más, en particular una, piezas polares (433) en forma de bucle que son una pieza polar (433) en forma de anillo.

20 El dispositivo (431) generador de campo magnético en forma de bucle está hecho de una combinación de cuatro imanes dipolares dispuestos en una disposición (431) cuadrada en forma de bucle, en donde cada uno de dichos cuatro imanes dipolares tiene un eje magnético paralelo al sustrato (420). Cada uno de los cuatro imanes dipolares tiene su polo norte apuntando hacia el área central de dicho dispositivo (431) generador de campo magnético en forma de bucle y su polo sur apuntando radialmente hacia la periferia de dicho dispositivo (431) generador de campo magnético en forma de bucle, dando como resultado una magnetización radial.

25 El único imán dipolar (432) tiene un eje magnético sustancialmente perpendicular a la superficie del sustrato (420) con su polo norte apuntando hacia la superficie del sustrato (420). Como se muestra en la Fig. 4, el único imán dipolar (432) puede disponerse simétricamente encima del bucle del dispositivo (431) generador de campo magnético en forma de bucle. Como se muestra en la Fig. 4, la pieza polar (433) en forma de bucle que es una pieza polar (433) en forma de anillo puede disponerse simétricamente encima del bucle del dispositivo (431) generador de campo magnético en forma de bucle. Como se muestra en la Fig. 4, el único imán dipolar (432) puede disponerse simétricamente dentro del bucle de la pieza polar (433) en forma de bucle.

30 La distancia (h) entre la superficie superior de las matrices de soporte (436a, 436b), el dispositivo (431) generador de campo magnético en forma de bucle, y el único imán dipolar (432) y la pieza polar (433) en forma de bucle (en la Fig. 4, la superficie superior de la matriz de soporte (436b)) y la superficie del sustrato (420) orientada al conjunto magnético (430) es preferentemente de entre aproximadamente 0 y aproximadamente 10 mm y más preferentemente de entre aproximadamente 0 y aproximadamente 5 mm.

40 La OEL resultante producida por el conjunto magnético ilustrado en la Fig. 4A-B se muestra en la Fig. 4C.

45 La Fig. 5 ilustra un ejemplo de un conjunto magnético (530) adecuado para producir capas de efecto óptico (OEL) (510) que comprende partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas sobre un sustrato (520) de acuerdo con la presente invención. El conjunto magnético (530) comprende una matriz de soporte (536), un dispositivo generador de campo magnético en forma de bucle que es una combinación de cuatro imanes dipolares dispuestos en una disposición cuadrada en forma de bucle (531), un único imán dipolar (532) de barra y uno o más, en particular cuatro, imanes dipolares (534).

50 El dispositivo (531) generador de campo magnético en forma de bucle está hecho de una combinación de cuatro imanes dipolares dispuestos en una disposición (531) cuadrada en forma de bucle, en donde cada uno de dichos cuatro imanes dipolares tiene un eje magnético paralelo al sustrato (520). Cada uno de los cuatro imanes dipolares tiene su polo norte apuntando hacia el área central de dicho dispositivo (531) generador de campo magnético en forma de bucle y su polo sur apuntando radialmente hacia la periferia de dicho dispositivo (531) generador de campo magnético en forma de bucle, dando como resultado una magnetización radial.

55 El único imán dipolar (532) tiene un eje magnético sustancialmente perpendicular a la superficie del sustrato (520) con su polo norte apuntando hacia la superficie del sustrato (520). Como se muestra en la Fig. 5, el único imán dipolar (532) puede disponerse de forma simétrica parcialmente dentro del bucle del dispositivo (531) generador de campo magnético en forma de bucle.

60 El conjunto magnético (530) comprende uno o más imanes dipolares (534), en particular cuatro imanes dipolares, en donde dichos cuatro imanes dipolares están dispuestos coplanares con un dispositivo (531) generador de campo magnético en forma de bucle como se muestra en la Fig. 5.

65 La distancia (h) entre la superficie superior de la matriz de soporte (536), los dispositivos (531) generadores de campo magnético en forma de bucle, el único imán dipolar (532) y el uno o más imanes dipolares (534), en particular

cuatro imanes dipolares (es decir, la superficie superior del único imán dipolar (532) en la Fig. 5) y la superficie inferior del sustrato (520) orientada al conjunto magnético (530) es preferentemente de entre aproximadamente 0 y aproximadamente 10 mm y más preferentemente de entre aproximadamente 0 y aproximadamente 5 mm.

5 La Fig. 6 ilustra un ejemplo de un conjunto magnético (630) adecuado para producir capas de efecto óptico (OEL) (610) que comprende partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas sobre un sustrato (620) de acuerdo con la presente invención. El conjunto magnético (630) comprende una matriz de soporte (636), un dispositivo generador de campo magnético en forma de bucle que es un único dispositivo (631) generador de campo magnético en forma de bucle, en particular un único imán (631) en forma de anillo y un único imán dipolar (632) de barra.

15 El dispositivo (631) generador de campo magnético en forma de bucle consiste en un único dispositivo (631) generador de campo magnético en forma de bucle, en particular un único imán (631) en forma de anillo, que tiene su polo norte está apuntando hacia el área central de dicho dispositivo (631) generador de campo magnético en forma de bucle y su polo sur apuntando radialmente hacia la periferia de dicho dispositivo (631) generador de campo magnético en forma de bucle, dando como resultado una magnetización radial.

20 El conjunto magnético (630) comprende a) un único dispositivo (631) generador de campo magnético en forma de bucle, en particular un único imán (631) en forma de anillo y b) un único imán dipolar (632). Como se muestra en las Fig. 6A y 6B1-2, el único imán dipolar (632) puede disponerse de forma simétrica parcialmente dentro del bucle del único dispositivo (631) generador de campo magnético en forma de bucle.

25 El único imán dipolar (632) tiene un eje magnético sustancialmente perpendicular a la superficie del sustrato (620) con su polo norte apuntando hacia el sustrato (620).

30 La distancia entre la superficie superior de la matriz de soporte (636), el dispositivo (631) generador de campo magnético en forma de bucle y el único imán dipolar (632) (es decir, la superficie superior del único imán dipolar (632) en la Fig. 6) y la superficie inferior del sustrato (620) orientada al conjunto magnético (630) es preferentemente de entre aproximadamente 0 y aproximadamente 10 mm y más preferentemente de entre aproximadamente 0 y aproximadamente 5 mm.

La OEL resultante producida por el conjunto magnético ilustrado en la Fig. 1A-B se muestra en la Fig. 1C.

35 La presente invención proporciona además aparatos de impresión que comprenden un cilindro magnético giratorio y el uno o más conjuntos magnéticos (x30) que se describen en el presente documento, en donde dichos uno o más conjuntos magnéticos (x30) se montan en ranuras circunferenciales del cilindro magnético giratorio así como conjuntos de impresión que comprenden una unidad de impresión de lecho plano y uno o más de los conjuntos magnéticos que se describen en el presente documento, en donde dicho uno o más conjuntos magnéticos se montan en rebajes de la unidad de impresión de lecho plano.

40 El cilindro magnético giratorio tiene por objeto usarse en, o junto con, o siendo parte de un equipo de impresión o recubrimiento, y llevando uno o más conjuntos magnéticos que se describen en el presente documento. En una realización, el cilindro magnético giratorio es parte de una prensa de impresión industrial giratoria, alimentada por lámina o alimentada por banda que funciona a alta velocidad de impresión de forma continua.

45 La unidad de impresión de lecho plano tiene por objeto usarse en, o junto con, o siendo parte de un equipo de impresión o recubrimiento, y llevando uno o más de los conjuntos magnéticos que se describen en el presente documento. En una realización, la unidad de impresión de lecho plano es parte de una prensa de impresión industrial alimentada por lámina que funciona de manera discontinua.

50 Los aparatos de impresión que comprenden el cilindro magnético giratorio que se describe en el presente documento o la unidad de impresión de lecho plano que se describe en el presente documento pueden incluir un alimentador de sustrato para alimentar un sustrato tal como los que se describen en el presente documento que tenga sobre el mismo una capa de partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas que se describen en el presente documento, de manera que los conjuntos magnéticos generen un campo magnético que actúe sobre las partículas de pigmento para orientarlas para formar una capa de efecto óptico (OEL). En una realización de los aparatos de impresión que comprenden un cilindro magnético giratorio que se describe en el presente documento, el sustrato es alimentado por el alimentador de sustrato en forma de láminas o una banda. En una realización de los aparatos de impresión que comprenden una unidad de impresión de lecho plano que se describe en el presente documento, el sustrato se alimenta en forma de láminas.

65 Los aparatos de impresión que comprenden el cilindro magnético giratorio que se describe en el presente documento o la unidad de impresión de lecho plano que se describe en el presente documento pueden incluir una unidad de recubrimiento o impresión para aplicar la composición de recubrimiento curable por radiación que comprende las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas que se describen en el presente documento sobre el sustrato que se describe en el presente documento, comprendiendo la composición de

recubrimiento curable por radiación partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas que son orientadas por el campo magnético generado por los aparatos que se describen en el presente documento para formar una capa de efecto óptico (OEL). En una realización de los aparatos de impresión que comprenden un cilindro magnético giratorio que se describe en el presente documento, la unidad de recubrimiento o impresión  
 5 trabajo de acuerdo con un proceso giratorio y continuo. En una realización de los aparatos de impresión que comprenden una unidad de impresión de lecho plano que se describe en el presente documento, la unidad de recubrimiento o impresión trabaja de acuerdo con un proceso longitudinal y discontinuo.

Los aparatos de impresión que comprenden el cilindro magnético giratorio que se describe en el presente documento o la unidad de impresión de lecho plano que se describe en el presente documento pueden incluir una unidad de curado para curar al menos parcialmente la composición de recubrimiento curable por radiación que comprende partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas que han sido orientadas magnéticamente por los aparatos que se describen en el presente documento, fijando de este modo la orientación y la posición de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas para producir una capa de efecto  
 10 óptico (OEL).  
 15

La OEL que se describe en el presente documento puede proporcionarse directamente sobre un sustrato sobre el cual permanecerá permanentemente (tal como para aplicaciones de billetes de banco). Como alternativa, una OEL también puede proporcionarse sobre un sustrato temporal con fines de producción, del que posteriormente se retira la OEL. Esto puede, por ejemplo, facilitar la producción de la OEL, particularmente mientras el material aglutinante todavía está en su estado fluido. Seguidamente, después de curar al menos parcialmente la composición de recubrimiento para la producción de la OEL, puede retirarse el sustrato temporal de la OEL.  
 20

Como alternativa, puede haber presente una capa adhesiva sobre la OEL o puede estar presente sobre el sustrato que comprende una capa de efecto óptico (OEL), estando dicha capa adhesiva sobre el lado del sustrato opuesto al lado donde se proporciona la OEL o sobre el mismo lado que la OEL y encima de la OEL. Por lo tanto, puede aplicarse una capa adhesiva a la capa de efecto óptico (OEL) o al sustrato. Puede adherirse un artículo de este tipo a todo tipo de documentos u otros artículos o productos sin impresión u otros procesos que impliquen maquinaria y un esfuerzo bastante alto. Como alternativa, el sustrato que se describe en el presente documento que comprende la OEL que se describe en el presente documento puede estar en forma de una lámina de transferencia, que puede aplicarse a un documento o a un artículo en una etapa de transferencia separada. Para este fin, el sustrato está provisto de un recubrimiento de liberación, sobre el que se producen las OEL como se describe en el presente documento. Pueden aplicarse una o más capas adhesivas sobre la OEL producida de este modo.  
 25  
 30

En el presente documento también se describen sustratos que comprenden más de una, es decir, dos, tres, cuatro, etc. capas de efecto óptico (OEL) obtenidas mediante el proceso que se describe en el presente documento.  
 35

En el presente documento también se describen artículos, en particular, documentos de seguridad, elementos u objetos decorativos, que comprenden la capa de efecto óptico (OEL) producida de acuerdo con la presente invención. Los artículos, en particular, documentos de seguridad, elementos u objetos decorativos, pueden comprender más de una (por ejemplo, dos, tres, etc.) OEL producidas de acuerdo con la presente invención.  
 40

Como se ha mencionado anteriormente en el presente documento, la capa de efecto óptico (OEL) producida de acuerdo con la presente invención puede usarse con fines decorativos, así como para proteger y autenticar un documento de seguridad. Los ejemplos típicos de elementos u objetos decorativos incluyen, sin limitación, artículos de lujo, envases de cosméticos, piezas de automóviles, aparatos electrónicos/eléctricos, muebles y lacas de uñas.  
 45

Los documentos de seguridad incluyen, sin limitación, documentos de valor y artículos comerciales de valor. Los ejemplos típicos de documentos de valor incluyen, sin limitación, billetes de banco, escrituras, billetes, cheques, recibos, sellos fiscales y etiquetas de impuestos, acuerdos, visados, permisos de conducir, tarjetas bancarias, tarjetas de crédito, tarjetas de transacciones, documentos o tarjetas de acceso, billetes de acceso, billetes o títulos de transporte público y similares, preferentemente billetes de banco, documentos de identidad, documentos que confieren derechos, permisos de conducir y tarjetas de crédito. La expresión "artículo comercial de valor" se refiere a materiales de envasado, en particular, para artículos cosméticos, artículos nutracéuticos, artículos farmacéuticos, alcoholes, artículos de tabaco, bebidas o productos alimenticios, artículos eléctricos/electrónicos, tejidos o joyas, es decir, artículos que estarán protegidos contra la falsificación y/o la reproducción ilegal con el fin de garantizar el contenido del envase, como, por ejemplo, fármacos auténticos. Los ejemplos de estos materiales de envasado incluyen, sin limitación, etiquetas, tales como etiquetas de marca de autenticación, etiquetas y sellos a prueba de manipulaciones. Se señala que los sustratos desvelados, los documentos de valor y los artículos comerciales de valor se proporcionan exclusivamente con fines ilustrativos, sin restringir el alcance de la invención.  
 50  
 55  
 60

Como alternativa, la capa de efecto óptico (OEL) puede producirse sobre un sustrato auxiliar tal como, por ejemplo, un hilo de seguridad, una tira de seguridad, una lámina, una calcomanía, una ventana o una etiqueta, y, en consecuencia, puede transferirse a un documento de seguridad en una etapa separada.  
 65

**Ejemplos**

Se usaron conjuntos magnéticos ilustrados en la Fig. 1A-6A para orientar partículas de pigmentos magnéticas ópticamente variables no esféricas en una capa impresa de la tinta de impresión serigráfica curable por UV que se describe en la Tabla 1 para producir capas de efecto óptico (OEL) que se muestran en las Fig. 1C-6C. Se usaron conjuntos magnéticos comparativos para orientar partículas de pigmentos magnéticas ópticamente variables no esféricas en una capa impresa de la tinta de impresión serigráfica curable por UV que se describe en la Tabla 1 para producir muestras comparativas que se muestran en las Fig. 7-8. La tinta de impresión serigráfica curable por UV se aplicó sobre un papel comercial de color negro (Gascogne Laminates M-cote 120), llevándose a cabo dicha aplicación mediante impresión serigráfica manual usando una pantalla T90 para formar una capa de recubrimiento de un espesor de aproximadamente 20 µm. El sustrato que lleva la capa aplicada de la tinta de impresión serigráfica curable por UV se dispuso sobre el conjunto magnético. El patrón de orientación magnética obtenido es este modo de las partículas de pigmento ópticamente variables no esféricas se fijó, de forma parcialmente simultánea a la etapa de orientación, mediante curado por UV de la capa impresa que comprende las partículas de pigmento usando una lámpara UV-LED de Phoseon (Tipo FireFlex 50 x 75 mm, 395 nm, 8 W/cm<sup>2</sup>).

Tabla 1. Tinta de impresión serigráfica curable por UV (composición de recubrimiento):

Oligómero de epoxiacrilato	36 %
Monómero de triacrilato de trimetilolpropano	13,5 %
Monómero de diacrilato de tripropilenglicol	20 %
Genorad™ 16 (Rahn)	1 %
Aerosil® 200 (Evonik)	1 %
Speedcure TPO-L (Lambson)	2 %
IRGACURE® 500 (BASF)	6 %
Genocure EPD (Rahn)	2 %
Tego® Foamex N (Evonik)	2 %
Partículas de pigmento magnéticas ópticamente variables no esféricas (7 capas)(*)	16,5 %
(*) partículas de pigmento magnéticas ópticamente variables de color dorado a verde que tienen una forma de escama de diámetro d50 de aproximadamente 9 µm y un espesor de aproximadamente 1 µm, obtenidas en Viavi Solutions, Santa Rosa, California.	

**Ejemplo 1 (Fig. 1A-1C)**

El conjunto magnético (130) utilizado para preparar la capa de efecto óptico (110) del Ejemplo 1 sobre el sustrato (120) se ilustra en la Fig. 1A.

El conjunto magnético (130) comprendía una matriz de soporte (136) hecha de POM (polioximetileno), un dispositivo (131) generador de campo magnético en forma de bucle que era una combinación de quince imanes dipolares cilíndricos dispuestos en una disposición anular en forma de bucle y un único imán dipolar (132) cilíndrico, en donde el dispositivo (131) generador de campo magnético en forma de bucle rodeaba dicho único imán dipolar (132) cilíndrico.

El imán dipolar (132) cilíndrico tenía un diámetro (A11) de 3 mm y una altura (A12) de 8 mm. El eje magnético del imán dipolar (132) cilíndrico era sustancialmente perpendicular a la superficie del sustrato (120), con su polo norte apuntando hacia (es decir, orientado a) el sustrato (120). El imán dipolar (132) cilíndrico estaba parcialmente incrustado en la matriz de soporte (136) de manera que su superficie más baja estaba alineada con la superficie más baja de la matriz de soporte (136) (es decir, 4 mm del imán dipolar (132) cilíndrico estaban totalmente incrustados en la matriz de soporte (136) y 4 mm estaban fuera de dicha matriz de soporte (136) orientados a la superficie del sustrato (120)). El imán dipolar (132) cilíndrico estaba hecho de NdFeB N45.

Como se muestra en la Fig. 1B1, cada uno de los quince imanes dipolares cilíndricos dispuestos en una disposición (131) anular en forma de bucle tenía un diámetro (A8) de 2 mm y una longitud (A7) de 2 mm. Estaban distribuidos uniformemente alrededor del imán dipolar (132) cilíndrico, siendo el ángulo α entre cada uno de dichos imanes dipolares de 24°, tal como para formar un anillo con un diámetro interno (A23) de 10 mm. Cada uno de los quince imanes dipolares cilíndricos estaba incrustado en la matriz de soporte (136) con su polo sur apuntando hacia la periferia del dispositivo (131) generador de campo magnético en forma de bucle, de manera que el dispositivo (131) generador de campo magnético en forma de bucle tenía una magnetización radial. La superficie superior de los quince imanes dipolares cilíndricos (131) estaba alineada con la superficie superior de la matriz de soporte (136). Estaban hechos de NdFeB N45.

Como se muestra en la Fig. 1B1-2, la matriz de soporte (136) tenía una longitud (A1) de 30 mm, un ancho (A2) de 30 mm y un espesor (A3) de 4 mm. La matriz de soporte (136) comprendía un hueco central que tenía una profundidad (A3) de 4 mm para recibir el imán dipolar (132) cilíndrico y quince escotaduras que tenían una profundidad (A8) de 2 mm para recibir los quince imanes dipolares (131) cilíndricos.

La distancia entre la superficie superior de la matriz de soporte (136) y la superficie inferior del sustrato (120) orientada al conjunto magnético (130) era de 4,3 mm, es decir, la distancia (h) entre la superficie superior del imán dipolar (132) cilíndrico y la superficie inferior del sustrato (120) era de 0,3 mm.

5 La OEL resultante producida con el conjunto magnético (130) ilustrado en las Fig. 1A-B se muestra en la Fig. 1C a diferentes ángulos de visión inclinando el sustrato (120) entre  $-30^\circ$  y  $+30^\circ$ . La OEL obtenida de este modo proporciona la impresión óptica de un anillo que tiene una forma que varía tras inclinar dicha OEL.

## 10 **Ejemplo 2 (Fig. 2A-2C)**

El conjunto magnético (230) utilizado para preparar la capa de efecto óptico (210) del Ejemplo 2 sobre el sustrato (220) se ilustra en la Fig. 2A.

15 El conjunto magnético (230) comprendía una matriz de soporte (236) hecha de POM (polioximetileno), un dispositivo (231) generador de campo magnético en forma de bucle que era una combinación de tres imanes dipolares cilíndricos dispuestos en una disposición triangular en forma de bucle y un único imán dipolar (232) cilíndrico, en donde el dispositivo (231) generador de campo magnético en forma de bucle rodeaba dicho único imán dipolar (232) cilíndrico.

20 El imán dipolar (232) cilíndrico tenía un diámetro (A11) de 3 mm y una altura (A12) de 5 mm. El eje magnético del imán dipolar (232) cilíndrico era sustancialmente perpendicular a la superficie del sustrato (220), con su polo norte apuntando hacia el sustrato (220). El imán dipolar cilíndrico (232) estaba parcialmente incrustado en la matriz de soporte (236) de manera que 3 mm del imán dipolar cilíndrico (232) estaban totalmente incrustados en la matriz de soporte (236) y 2 mm estaban fuera de dicha matriz de soporte (236) orientados a la superficie del sustrato (220). El imán dipolar (232) cilíndrico estaba hecho de NdFeB N45.

30 Como se muestra en la Fig. 2B1, cada uno de los tres imanes dipolares cilíndricos dispuestos en una disposición (231) triangular en forma de bucle tenía un diámetro (A8) de 3 mm y una longitud (A7) de 3 mm. Estaban distribuidos uniformemente alrededor del imán dipolar (232) cilíndrico, siendo el ángulo  $\alpha$  entre cada uno de dichos imanes dipolares de  $120^\circ$ , tal como para formar un anillo con un diámetro interno (A23) de 5 mm. Cada uno de los tres imanes dipolares cilíndricos estaba incrustado en la matriz de soporte (236) con su polo sur apuntando hacia la periferia del dispositivo (231) generador de campo magnético en forma de bucle, de manera que el dispositivo (231) generador de campo magnético en forma de bucle tenía una magnetización radial. La superficie superior de los tres imanes dipolares cilíndricos (231) estaba alineada con la superficie superior de la matriz de soporte (236). Estaban hechos de NdFeB N45.

40 Como se muestra en la Fig. 2B1-2, la matriz de soporte (236) tenía una longitud (A1) de 30 mm, un ancho (A2) de 30 mm y un espesor (A3) de 4 mm. La matriz de soporte (236) comprendía una escotadura central para recibir el imán dipolar cilíndrico (232) y tres escotaduras para recibir los tres imanes dipolares (231) cilíndricos, teniendo cada una de dichas escotaduras una profundidad (A8) de 3 mm.

45 La distancia entre la superficie superior de la matriz de soporte (236) y la superficie inferior del sustrato (220) orientada al conjunto magnético (230) era de 2,7 mm, es decir, la distancia (h) entre la superficie superior del imán dipolar (232) cilíndrico y la superficie inferior del sustrato (220) era de 0,7 mm.

50 La OEL resultante producida con el conjunto magnético (230) ilustrado en las Fig. 2A-B se muestra en la Fig. 2C a diferentes ángulos de visión inclinando el sustrato (220) entre  $-30^\circ$  y  $+30^\circ$ . La OEL obtenida de este modo proporciona la impresión óptica de un polígono irregular que tiene una forma que varía tras inclinar dicha OEL.

## 55 **Ejemplo 3 (Fig. 3A-3C)**

El conjunto magnético (330) utilizado para preparar la capa de efecto óptico (310) del Ejemplo 3 sobre el sustrato (320) se ilustra en la Fig. 3A.

60 El conjunto magnético (330) comprendía una matriz de soporte (336) hecha de POM (polioximetileno), un dispositivo (331) generador de campo magnético en forma de bucle que era una combinación de cuatro imanes dipolares de barra dispuestos en una disposición cuadrada en forma de bucle y un único imán dipolar (332) cúbico.

65 El imán dipolar (332) cúbico tenía una dimensión (A10, A11 y A12) de 4 mm. El eje magnético del imán dipolar (332) cúbico era sustancialmente perpendicular a la superficie del sustrato (320), con su norte apuntando hacia el sustrato (320). El imán dipolar (332) cúbico estaba colocado sobre la matriz de soporte (336) de manera que su superficie inferior estaba alineada con la superficie superior de la matriz de soporte (336). El imán dipolar (332) cúbico estaba hecho de NdFeB N45.

Como se muestra en la Fig. 3B1, cada uno de los cuatro imanes dipolares de barra dispuestos en una disposición

(331) cuadrada en forma de bucle tenía una longitud (A7) de 10 mm, un ancho (A8) de 2 mm y una altura (A9) de 4 mm. Cada uno de los cuatro imanes dipolares de barra estaba incrustado en la matriz de soporte (336) con su polo sur apuntando hacia la periferia del dispositivo (331) generador de campo magnético en forma de bucle, de manera que el dispositivo (331) generador de campo magnético en forma de bucle tenía una magnetización radial. La superficie superior de los cuatro imanes dipolares de barra dispuestos en una disposición (331) cuadrada en forma de bucle estaba alineada con la superficie superior de la matriz de soporte (336). Estaban hechos de NdFeB N50.

Como se muestra en la Fig. 3B1-2, la matriz de soporte (336) tenía una longitud (A1) de 30 mm, un ancho (A2) de 30 mm y un espesor (A3) de 5 mm. La matriz de soporte (336) comprendía cuatro escotaduras que tenía una profundidad (A9) de 4 mm para recibir los cuatro imanes dipolares (331) de barra.

La distancia entre la superficie superior de la matriz de soporte (336) y la superficie inferior del sustrato (320) orientada al conjunto magnético (330) era de 4,7 mm, es decir, la distancia (h) entre la superficie superior del imán dipolar (332) cúbico y la superficie inferior del sustrato (320) era de 0,7 mm.

La OEL resultante producida con el conjunto magnético (330) ilustrado en las Fig. 3A-B se muestra en la Fig. 3C a diferentes ángulos de visión inclinando el sustrato (320) entre  $-30^\circ$  y  $+30^\circ$ . La OEL obtenida de este modo proporciona la impresión óptica de un polígono irregular que tiene una forma que varía tras inclinar dicha OEL.

#### **Ejemplo 4 (Fig. 4A-4C)**

El conjunto magnético (430) utilizado para preparar la capa de efecto óptico (410) del Ejemplo 4 sobre el sustrato (420) se ilustra en la Fig. 4A.

El conjunto magnético (430) comprendía dos matrices de soporte (436a, 436b), es decir, una primera matriz de soporte (436a) y una segunda matriz de soporte (436b), ambas hechas de POM (polioximetileno), un dispositivo (431) generador de campo magnético en forma de bucle que era una combinación de cuatro imanes dipolares de barra dispuestos en una disposición cuadrada en forma de bucle, un único imán dipolar (432) cilíndrico y una pieza polar (433) en forma de anillo, en donde la pieza polar (433) en forma de anillo rodeaba el imán dipolar (432) cilíndrico.

El imán dipolar (432) cilíndrico tenía un diámetro (A11) de 4 mm y una altura (A12) de 2 mm. El eje magnético del imán dipolar (432) cúbico era sustancialmente perpendicular a la superficie del sustrato (420), con su polo norte apuntando hacia el sustrato (420). El imán dipolar (432) cilíndrico estaba incrustado en la segunda matriz de soporte (436b) de manera que su superficie superior estaba alineada con la superficie superior de la matriz de soporte (436b). El imán dipolar (432) cilíndrico estaba hecho de NdFeB N45.

Como se muestra en la Fig. 4B1-2, cada uno de los cuatro imanes dipolares de barra dispuestos en una disposición (431) cuadrada en forma de bucle tenía una longitud (A7) de 8 mm, un ancho (A8) de 3 mm y una altura (A9) de 4 mm. Cada uno de los cuatro imanes dipolares de barra estaba incrustado en la primera matriz de soporte (436a) con su polo sur apuntando hacia la periferia del dispositivo (431) generador de campo magnético en forma de bucle, de manera que el dispositivo (431) generador de campo magnético en forma de bucle tenía una magnetización radial. El centro del dispositivo (431) generador de campo magnético en forma de bucle coincidía con el centro de la primera matriz de soporte (436a). Cada uno de los cuatro imanes dipolares de barra estaba hecho de NdFeB N50.

La pieza polar (433) en forma de anillo era una herradura de hierro y tenía un diámetro externo (A14) de 11 mm, un diámetro interno (A13) de 7 mm y un espesor (A15) de 2 mm. La pieza polar (433) en forma de anillo estaba incrustada en la segunda matriz de soporte (436b) de manera que su superficie superior estaba alineada con la superficie superior de dicha segunda matriz de soporte (436b).

Como se muestra en la Fig. 4B1-2, la primera matriz de soporte (436a) tenía una longitud (A1) de 30 mm, un ancho (A2) de 30 mm y un espesor (A3) de 5 mm. La primera matriz de soporte (436a) comprendía cuatro escotaduras que tenían una profundidad (A9) de 4 mm para recibir los cuatro imanes dipolares (431) de barra.

Como se muestra en la Fig. 4B3-4, la segunda matriz de soporte (436b) tenía una longitud (A4) de 30 mm, un ancho (A5) de 30 mm y un espesor (A6) de 4 mm. La segunda matriz de soporte (436b) comprendía dos escotaduras que tenían una profundidad (A12, A15) de 2 mm para recibir el imán dipolar (432) cilíndrico y la pieza polar (433) en forma de anillo.

La distancia (d) entre la superficie superior de la primera matriz de soporte (436a) y la superficie inferior de la segunda matriz de soporte (436b) era de 0 mm, es decir, no había ningún hueco entre ambas matrices de soporte. La distancia (h) entre la superficie superior de la segunda matriz de soporte (436b) y la superficie inferior del sustrato (420) era de 0,4 mm.

La OEL resultante producida con el conjunto magnético (430) ilustrado en las Fig. 4A-B se muestra en la Fig. 4C a diferentes ángulos de visión inclinando el sustrato (420) entre  $-30^\circ$  y  $+30^\circ$ . La OEL obtenida de este modo

proporciona la impresión óptica de dos cuerpos en forma de bucle anidados, que tienen una forma que varía tras inclinar dicha OEL.

#### Ejemplo 5 (Fig. 5A-5C)

5 El conjunto magnético (530) utilizado para preparar la capa de efecto óptico (510) del Ejemplo 5 sobre el sustrato (520) se ilustra en la Fig. 5A.

10 El conjunto magnético (530) comprendía una matriz de soporte (536) hecha de POM (polioximetileno), un dispositivo (531) generador de campo magnético en forma de bucle que era una combinación de cuatro imanes dipolares cilíndricos dispuestos en una disposición cuadrada en forma de bucle, un único imán dipolar (532) cilíndrico y cuatro imanes dipolares (534) en un patrón cruzado.

15 El imán (532) cilíndrico tenía una longitud (A12) de 7 mm y un diámetro (A11) de 3 mm. El eje magnético del imán dipolar (532) cilíndrico era sustancialmente perpendicular a la superficie del sustrato (520), con su polo norte apuntando hacia el sustrato (520). El imán dipolar cilíndrico (532) estaba parcialmente incrustado en la matriz de soporte (536) de manera que 3 mm del imán dipolar cilíndrico (532) estaban totalmente incrustados en la matriz de soporte (536) y 4 mm estaban fuera de dicha matriz de soporte (536) orientados a la superficie del sustrato (520). El imán dipolar (532) cilíndrico estaba hecho de NdFeB N45.

20 Como se muestra en la Fig. 5B1, cada uno de los cuatro imanes dipolares cilíndricos dispuestos en una disposición cuadrada (531) en forma de bucle tenía una longitud (A7) de 3 mm y un diámetro (A8) de 3 mm. La distancia (A16, A17) entre cada par de imanes dipolares (531) cilíndricos en lados opuestos del imán dipolar (532) cilíndrico era de 7 mm. Cada uno de los cuatro imanes dipolares cilíndricos estaba incrustado en la matriz de soporte (536) con su polo sur apuntando hacia la periferia del dispositivo (531) generador de campo magnético en forma de bucle, de manera que el dispositivo generador de campo magnético en forma de bucle (531) tenía una magnetización radial. La superficie superior de los cuatro imanes dipolares cilíndricos dispuestos en una disposición (531) cuadrada en forma de bucle estaba alineada con la superficie superior de la matriz de soporte (536). Estaban hechos de NdFeB N45.

30 Cada uno de los cuatro imanes dipolares (534) tenía un diámetro (A19) de 2 mm y una longitud (A20) de 2 mm. La distancia (A21, A22) entre cada par de los cuatro imanes dipolares (534) era de 10 mm. Cada uno de los cuatro imanes dipolares (534) estaba incrustado en la matriz de soporte (536) con su eje magnético sustancialmente perpendicular a la superficie del sustrato (520) y con su polo sur orientado al sustrato (520). La superficie superior de los cuatro imanes dipolares (534) estaba alineada con la superficie superior de la matriz de soporte (536). Estaban hechos de NdFeB N45.

40 Como se muestra en la Fig. 5B1-2, la matriz de soporte (536) tenía una longitud (A1) de 30 mm, un ancho (A2) de 30 mm y un espesor (A3) de 4 mm. La matriz de soporte (536) comprendía cinco escotaduras que tenían una profundidad (A8) de 3 mm para recibir los cuatro imanes dipolares cilíndricos dispuestos en una disposición cuadrada (531) en forma de bucle y el imán dipolar (532) cilíndrico y comprendía cuatro escotaduras que tenían una profundidad (A20) de 2 mm para recibir los cuatro imanes dipolares (534).

45 La distancia entre la superficie superior de la matriz de soporte (536) y la superficie inferior del sustrato (520) orientada al conjunto magnético (530) era de 4 mm, es decir, la distancia (h) entre la superficie superior del imán dipolar (532) cilíndrico y la superficie inferior del sustrato (520) era de 0 mm.

50 La OEL resultante producida con el conjunto magnético (530) ilustrado en las Fig. 5A-B se muestra en la Fig. 5C a diferentes ángulos de visión inclinando el sustrato (520) entre  $-30^\circ$  y  $+30^\circ$ . La OEL obtenida de este modo proporciona la impresión óptica de un polígono irregular que tiene una forma que varía tras inclinar dicha OEL.

#### Ejemplo 6 (Fig. 6A-6C)

55 El conjunto magnético (630) utilizado para preparar la capa de efecto óptico (610) del Ejemplo 6 sobre el sustrato (620) se ilustra en la Fig. 6A.

60 El conjunto magnético (630) comprendía una matriz de soporte (636) hecha de POM (polioximetileno), un dispositivo (631) generador de campo magnético en forma de bucle que era un único imán en forma de anillo y un único imán dipolar (632) cilíndrico, en donde el dispositivo (631) generador de campo magnético en forma de bucle rodeaba dicho único imán dipolar (632) cilíndrico.

65 El imán dipolar (632) cilíndrico tenía un diámetro (A11) de 8 mm y una altura (A12) de 11 mm. El eje magnético del imán dipolar (632) cilíndrico era sustancialmente perpendicular a la superficie del sustrato (620), con su polo norte apuntando hacia (es decir, orientado a) el sustrato (620). El imán dipolar (632) cilíndrico estaba incrustado en la matriz de soporte (636) de manera que su superficie superior estaba alineada con la superficie superior de la matriz de soporte (636). El imán dipolar (632) cilíndrico estaba hecho de NdFeB N45.

5 Como se muestra en la Fig. 6B1-B2, el único imán (631) en forma de anillo tenía un diámetro externo (A14) de 33,50 mm, un diámetro interno (A13) de 25,5 mm y una altura (A9) de 10 mm. El único imán en forma de anillo estaba incrustado en la matriz de soporte (636) con su polo sur apuntando hacia la periferia del único imán (631) en forma de anillo de manera que el único imán (631) en forma de anillo tenía una magnetización radial. La superficie inferior del único imán (631) en forma de anillo estaba alineada con la superficie inferior de la matriz de soporte (636). El único imán en forma de anillo estaba hecho de NdFeB N35.

10 Como se muestra en la Fig. 6B1-2, la matriz de soporte (636) tenía una longitud (A1) de 40 mm, un ancho (A2) de 40 mm y un espesor (A3) de 21 mm. La matriz de soporte (636) comprendía una escotadura central superior que tenía una profundidad (A12) de 11 mm para recibir el imán dipolar (632) cilíndrico y una escotadura inferior que tenía una profundidad (A9) de 10 mm para recibir el único imán (631) en forma de anillo.

15 La distancia (h) entre la superficie superior de la matriz de soporte (636) y la superficie inferior del sustrato (620) orientada al conjunto magnético (630) era de 0 mm.

20 La OEL resultante producida con el conjunto magnético (630) ilustrado en las Fig. 6A-B se muestra en la Fig. C a diferentes ángulos de visión inclinando el sustrato (20) entre  $-30^\circ$  y  $+30^\circ$ . La OEL obtenida de este modo proporciona la impresión óptica de un anillo que tiene una forma que varía tras inclinar dicha OEL.

### **Ejemplos comparativos (C1-C2, Fig. 7-8)**

#### **Ejemplo comparativo C1 (Fig. 7)**

25 El conjunto magnético utilizado para preparar una capa de efecto óptico del Ejemplo Comparativo 1 (C1) era el mismo que el conjunto magnético del Ejemplo 1 (Fig. 1A), excepto por que el imán dipolar cilíndrico tenía un eje magnético sustancialmente perpendicular a la superficie del sustrato con su polo sur apuntando hacia (es decir, orientado a) el sustrato.

30 La OEL resultante producida con el conjunto magnético descrito anteriormente se muestra en la Fig. 7 a diferentes ángulos de visión inclinando el sustrato entre  $-30^\circ$  y  $+30^\circ$ . La OEL obtenida de este modo proporciona la impresión óptica de un anillo estático que no tiene una forma que varíe tras inclinar dicha OEL.

#### **Ejemplo comparativo C2 (Fig. 8)**

35 El conjunto magnético utilizado para preparar una capa de efecto óptico del Ejemplo Comparativo 2 (C2) era el mismo que el conjunto magnético del Ejemplo 2 (Fig. 2A), excepto por que el imán dipolar cilíndrico tenía un eje magnético sustancialmente perpendicular a la superficie del sustrato con su polo sur apuntando hacia (es decir, orientado a) el sustrato.

40 La OEL resultante producida con el conjunto magnético descrito anteriormente se muestra en la Fig. 8 a diferentes ángulos de visión inclinando el sustrato entre  $-30^\circ$  y  $+30^\circ$ . La OEL obtenida de este modo proporciona la impresión óptica de tres puntos, es decir, no un cuerpo en forma de bucle que tenga una forma que varíe tras inclinar dicha OEL.

45

**REIVINDICACIONES**

1. Un proceso para producir una capa de efecto óptico (OEL) (x10) sobre un sustrato (x20), comprendiendo dicho proceso las etapas de:

- i) aplicar sobre una superficie del sustrato (x20) una composición de recubrimiento curable por radiación que comprende partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas, estando dicha composición de recubrimiento curable por radiación en un primer estado;
- ii) exponer la composición de recubrimiento curable por radiación a un campo magnético de un conjunto magnético (x30) que comprende:

un dispositivo (x31) generador de campo magnético en forma de bucle que es cualquiera de un único imán en forma de bucle o una combinación de dos o más imanes dipolares dispuestos en una disposición en forma de bucle, teniendo el dispositivo (x31) generador de campo magnético en forma de bucle una magnetización radial; y

un único imán dipolar (x32) que tiene un eje magnético sustancialmente perpendicular a la superficie del sustrato (x20) o dos o más imanes dipolares (x32), teniendo cada uno de dichos dos o más imanes dipolares (x32) un eje magnético sustancialmente perpendicular a la superficie del sustrato (x20),

en donde el único imán dipolar (x32) o los dos o más imanes dipolares (x32) se encuentran parcialmente dentro, dentro o encima del bucle definido por el único imán (x31) en forma de bucle o parcialmente dentro, dentro o encima del bucle definido por los dos o más imanes dipolares (x31) dispuestos en la disposición en forma de bucle, y

en donde el polo sur de dicho único imán dipolar (x32) o el polo sur de cada uno de dichos dos o más imanes dipolares (x32) está apuntando hacia la superficie del sustrato (x20) cuando el polo norte del único imán en forma de bucle o de los dos o más imanes dipolares que forman el dispositivo (x31) generador de campo magnético en forma de bucle está apuntando hacia la periferia de dicho dispositivo (x31) generador de campo magnético en forma de bucle o el polo norte de dicho único imán dipolar (x32) o el polo norte de cada uno de dichos dos o más imanes dipolares (x32) está apuntando hacia la superficie del sustrato (x20) cuando el polo sur del único imán en forma de bucle o de los dos o más imanes dipolares que forman el dispositivo (x31) generador de campo magnético en forma de bucle está apuntando hacia la periferia de dicho dispositivo (x31) generador de campo magnético en forma de bucle,

para orientar al menos una parte de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas; y

- iii) curar al menos parcialmente la composición de recubrimiento curable por radiación de la etapa ii) a un segundo estado para fijar las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas en sus posiciones y orientaciones adoptadas, en donde la capa de efecto óptico proporciona una impresión óptica de uno o más cuerpos en forma de bucle que tienen una forma que varía tras inclinar la capa de efecto óptico.

2. El proceso de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el conjunto magnético (x30) comprende además una o más piezas polares (x33) en forma de bucle, en donde el único imán dipolar (x32) o los dos o más imanes dipolares (x32) se disponen en el bucle de dicha una o más piezas polares (x33) en forma de bucle, y/o comprende además uno o más imanes dipolares (x34), en donde cada uno de dicho uno o más imanes dipolares (x34) tiene su eje magnético sustancialmente perpendicular al sustrato (x20) con su polo norte apuntando hacia la superficie del sustrato (x20) cuando el único imán dipolar (x32) o los dos o más imanes dipolares (x32) tienen su polo sur apuntando hacia el sustrato (x20), o tiene su eje magnético sustancialmente perpendicular al sustrato (x20) con su polo sur apuntando hacia la superficie del sustrato (x20) cuando el único imán dipolar (x32) o los dos o más imanes dipolares (x32) tienen su polo norte apuntando hacia el sustrato (x20), y/o comprende además una o más piezas polares (x35), en donde dichas una o más piezas polares (x35) se disponen debajo del dispositivo (x31) generador de campo magnético en forma de bucle y debajo del único imán dipolar (x32) o debajo de los dos o más imanes dipolares (x32).

3. El proceso de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en donde la etapa i) se lleva a cabo mediante un proceso de impresión preferentemente mediante un proceso de impresión seleccionado entre el grupo que consiste en impresión serigráfica, impresión en huecograbado e impresión flexográfica.

4. El proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde al menos una parte de la pluralidad de partículas magnéticas o magnetizables no esféricas está constituida por partículas de pigmento magnéticas o magnetizables ópticamente variables no esféricas.

5. El proceso de acuerdo con la reivindicación 4, en donde los pigmentos magnéticos o magnetizables ópticamente variables se seleccionan entre el grupo que consiste en pigmentos de interferencia de película delgada magnéticos, pigmentos de cristal líquido colestérico magnéticos y mezclas de los mismos.

6. El proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la etapa iii) se lleva a cabo de

forma parcialmente simultánea a la etapa ii).

- 5 7. El proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde las partículas magnéticas o magnetizables no esféricas son partículas de pigmento en forma de plaqueta, y en donde dicho proceso comprende además una etapa de exponer la composición de recubrimiento curable por radiación a un campo magnético dinámico de un primer dispositivo generador de campo magnético para orientar biaxialmente al menos una parte de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaqueta, llevándose a cabo dicha etapa después de la etapa i) y antes de la etapa ii).
- 10 8. Una capa de efecto óptico (OEL) (x10) producida mediante el proceso citado en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7.
- 15 9. Un documento de seguridad o un elemento u objeto decorativo que comprende una o más capas de efecto óptico (OEL) citadas en la reivindicación 8.
- 20 10. Un conjunto magnético (x30) para producir una capa de efecto óptico (OEL) (x10) sobre un sustrato (x20), proporcionando dicha OEL una impresión óptica de uno o más cuerpos en forma de bucle que tienen una forma que varía tras inclinar la capa de efecto óptico y comprendiendo partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas orientadas en una composición de recubrimiento curable por radiación, en donde dicho conjunto magnético (x30) comprende:
- 25 un dispositivo (x31) generador de campo magnético en forma de bucle que es cualquiera de un único imán en forma de bucle o una combinación de dos o más imanes dipolares dispuestos en una disposición en forma de bucle, teniendo el dispositivo (x31) generador de campo magnético en forma de bucle una magnetización radial, y
- 30 un único imán dipolar (x32) que tiene un eje magnético sustancialmente perpendicular a la superficie del sustrato (x20) o dos o más imanes dipolares (x32), teniendo cada uno de dichos dos o más imanes dipolares (x32) un eje magnético sustancialmente perpendicular a la superficie del sustrato (x20),
- 35 en donde el único imán dipolar (x32) o los dos o más imanes dipolares (x32) se encuentran parcialmente dentro, dentro o encima del bucle definido por el único imán (x31) en forma de bucle o dentro del bucle definido por los dos o más imanes dipolares (x31) dispuestos en la disposición en forma de bucle, y en donde el polo sur de dicho único imán dipolar (x32) o el polo sur de cada uno de dichos dos o más imanes dipolares (x32) está apuntando hacia la superficie del sustrato (x20) cuando el polo norte del único imán en forma de bucle o de los dos o más imanes dipolares que forman el dispositivo (x31) generador de campo magnético en forma de bucle está apuntando hacia la periferia de dicho dispositivo (x31) generador de campo magnético en forma de bucle o el polo norte de dicho único imán dipolar (x32) o el polo norte de cada uno de dichos dos o más imanes dipolares (x32) está apuntando hacia la superficie del sustrato (x20) cuando el polo sur del único imán en forma de bucle o de los dos o más imanes dipolares que forman el dispositivo (x31) generador de campo magnético en forma de bucle está apuntando hacia la periferia de dicho dispositivo (x31) generador de campo magnético en forma de bucle.
- 40 11. El conjunto magnético (x30) de la reivindicación 10 que comprende además
- 45 una o más piezas polares (x33) en forma de bucle, en donde el único imán (x31) en forma de bucle o el bucle definido por los dos o más imanes dipolares (x31) se disponen en el bucle de dicha una o más piezas polares (x33) en forma de bucle, y/o
- 50 uno o más imanes dipolares (x34), en donde cada uno de dicho uno o más imanes dipolares (x34) tiene su eje magnético sustancialmente perpendicular al sustrato (x20) con su polo norte apuntando hacia la superficie del sustrato (x20) cuando el único imán dipolar (x32) o los dos o más imanes dipolares (x32) tienen su polo sur apuntando hacia el sustrato (x20), o tiene su eje magnético sustancialmente perpendicular al sustrato (x20) con su polo sur apuntando hacia la superficie del sustrato (x20) cuando el único imán dipolar (x32) o los dos o más imanes dipolares (x32) tienen su polo norte apuntando hacia el sustrato (x20), y/o una o más piezas polares (x35).
- 55 12. Un uso del conjunto magnético (x30) citado en la reivindicación 10 u 11 para producir una capa de efecto óptico (OEL) sobre un sustrato.
- 60 13. Un aparato de impresión que comprende un cilindro magnético giratorio que comprende al menos uno de los conjuntos magnéticos (x30) citados en la reivindicación 10 u 11 o una unidad de impresión de lecho plano que comprende al menos uno de los conjuntos magnéticos (x30) citados en la reivindicación 10 u 11.

Fig. 1A

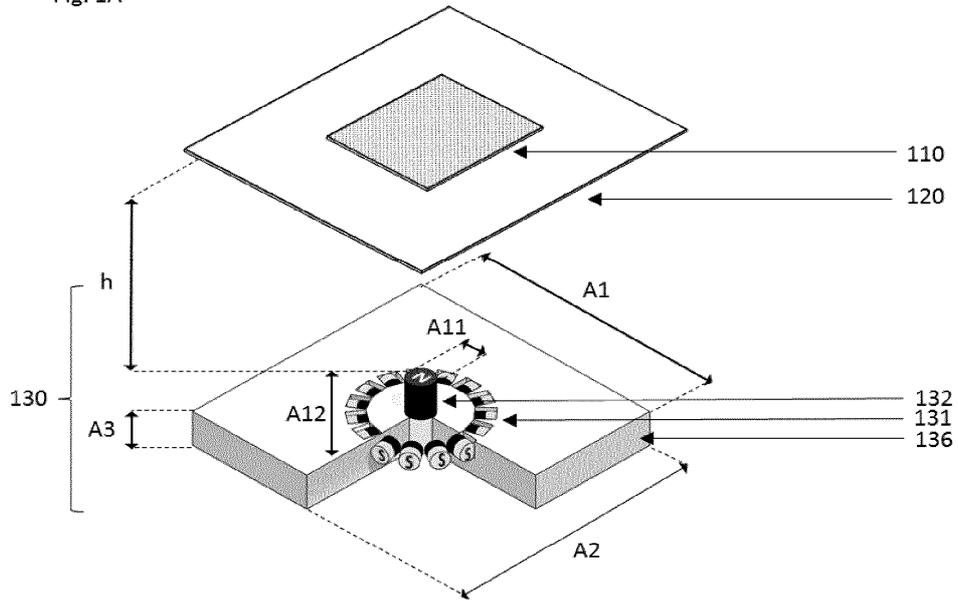


Fig. 1B1

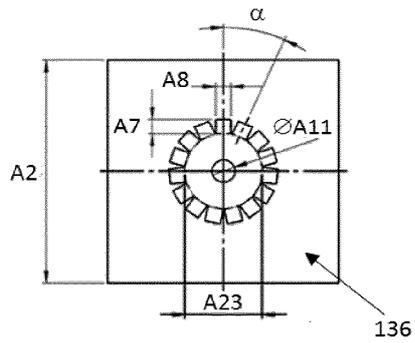


Fig. 1B2

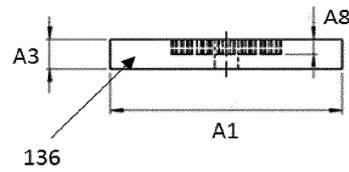


Fig. 1C

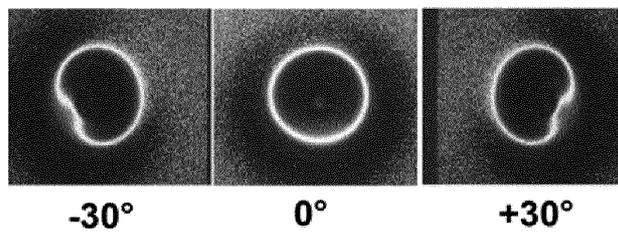


Fig. 2A

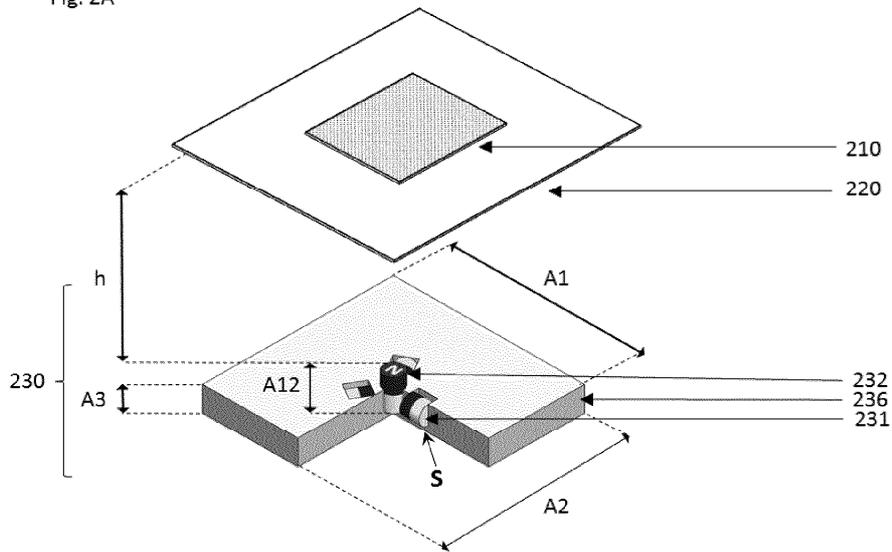


Fig. 2B1

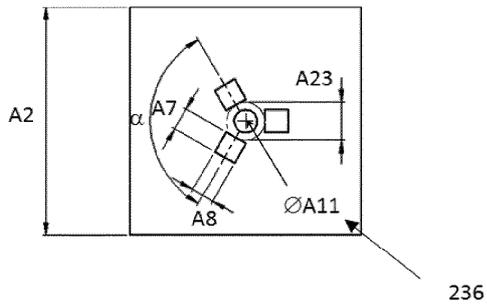


Fig. 2B2

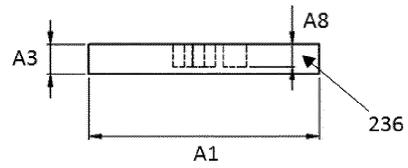


Fig. 2C

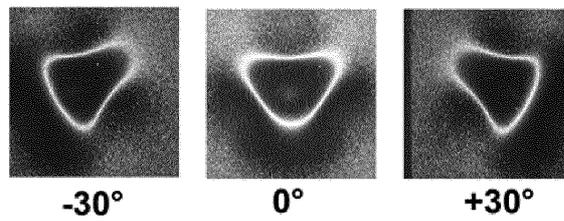


Fig. 3A

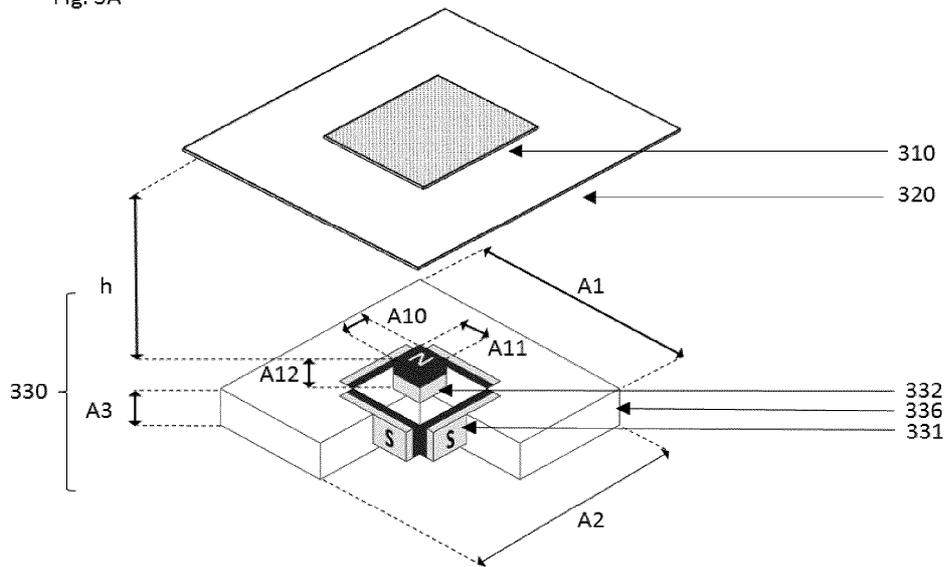


Fig. 3B1

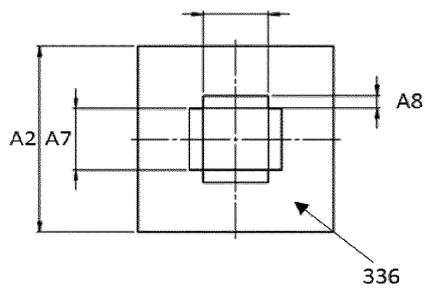


Fig. 3B2

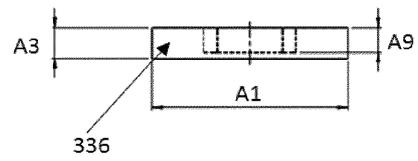


Fig. 3C

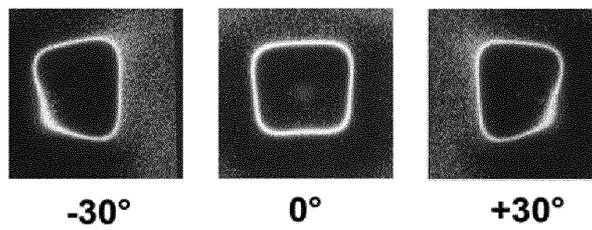


Fig. 4A

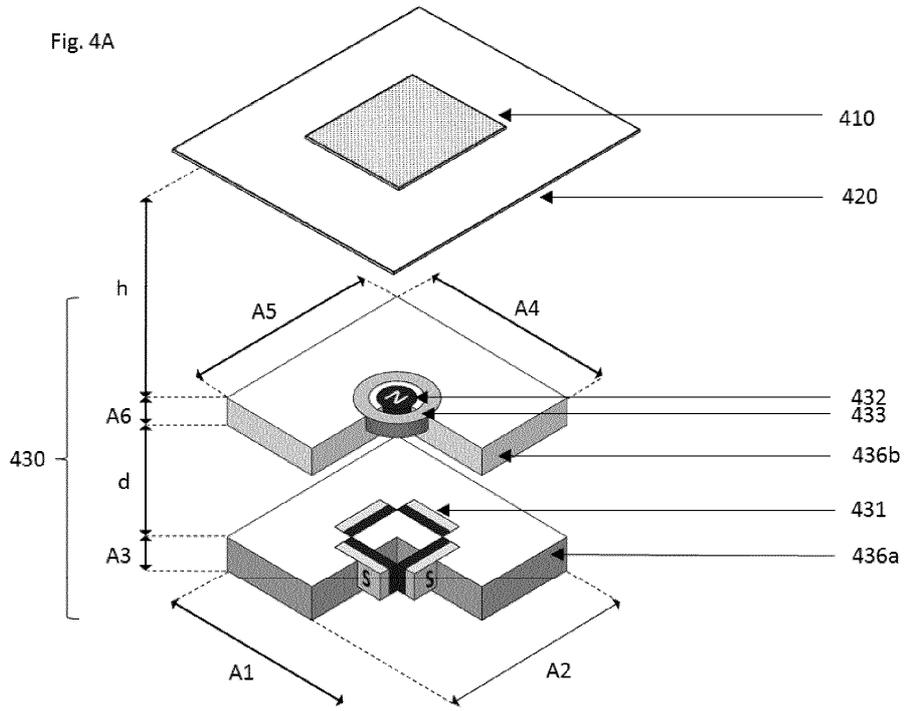


Fig. 4B1

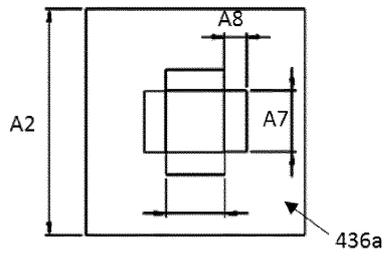


Fig. 4B2

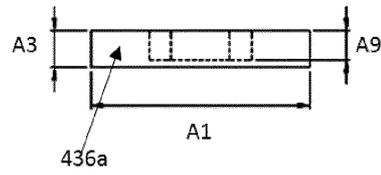


Fig. 4B3

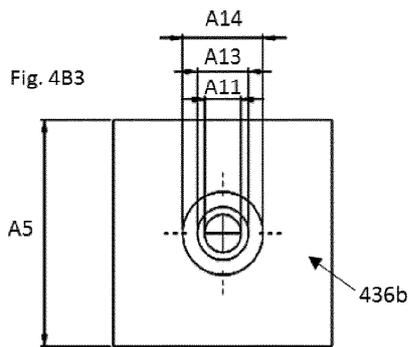


Fig. 4B4

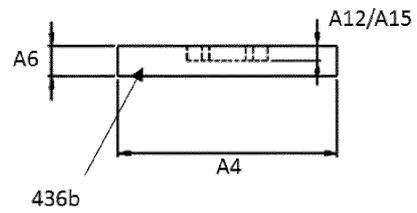
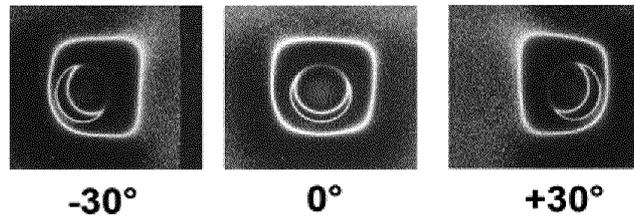


Fig. 4C



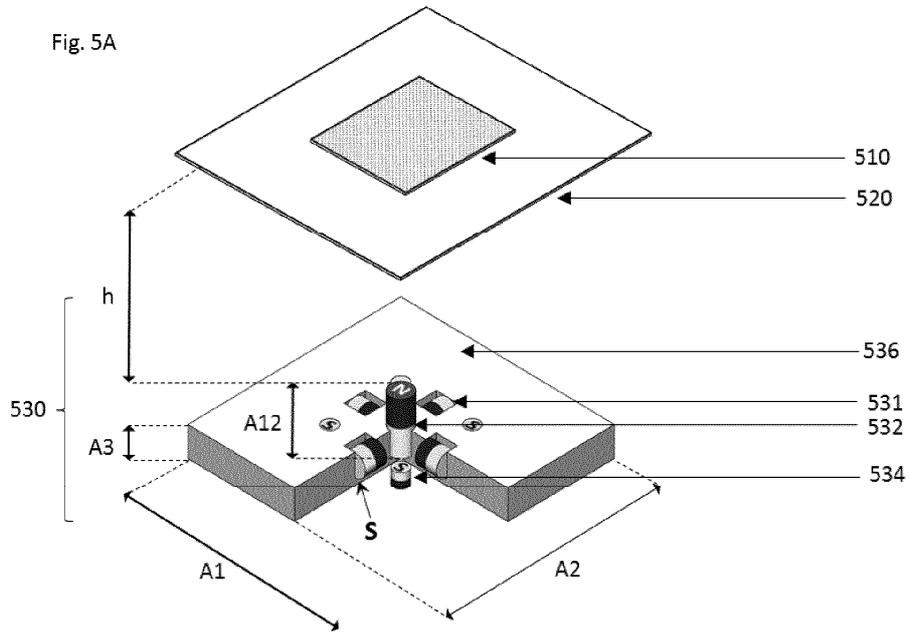


Fig. 5B1

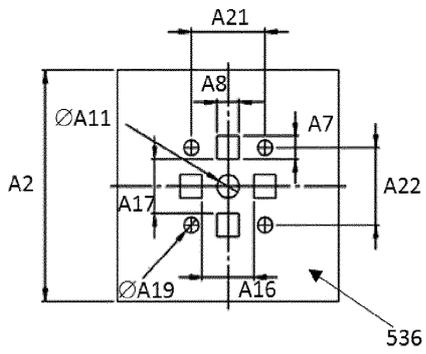


Fig. 5B2

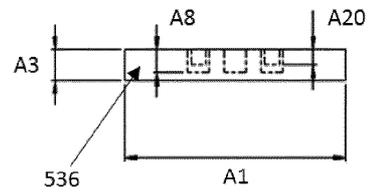


Fig. 5C

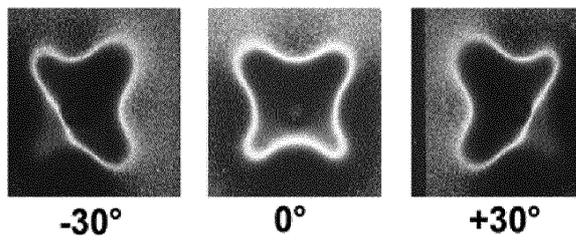


Fig. 6A

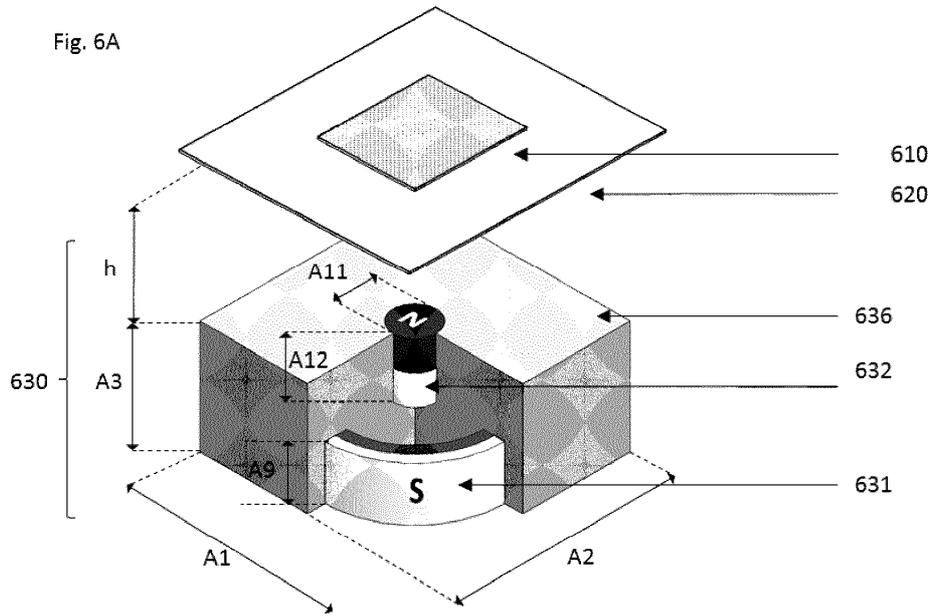


Fig. 6B1

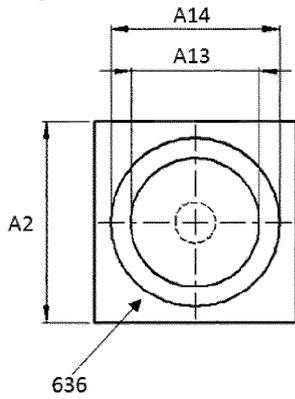


Fig. 6B2

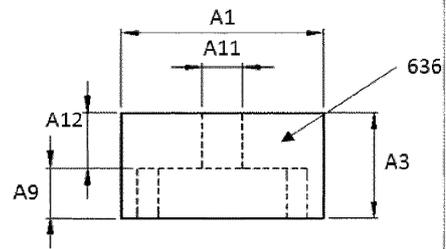


Fig. 6C

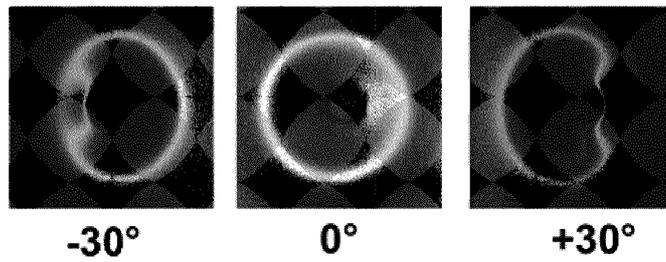


Fig. 7

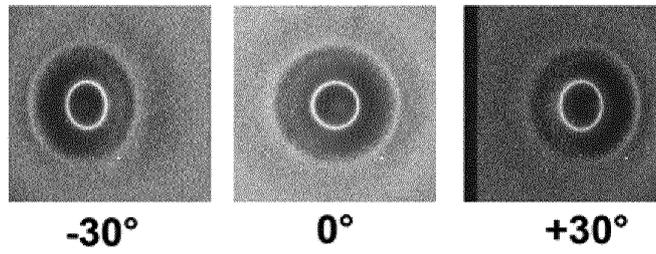


Fig. 8

