

(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS  
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 950 045**

(51) Int. Cl.:

<b>B05D 3/00</b>	(2006.01)
<b>B05D 3/06</b>	(2006.01)
<b>B05D 5/06</b>	(2006.01)
<b>B42D 25/30</b>	(2014.01)
<b>G06K 19/12</b>	(2006.01)
<b>G06F 21/34</b>	(2013.01)
<b>B42D 25/369</b>	(2014.01)
<b>B42D 25/387</b>	(2014.01)
<b>B42D 25/41</b>	(2014.01)

(12)

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.02.2020 PCT/EP2020/054042**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **01.10.2020 WO20193009**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.02.2020 E 20704053 (6)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.05.2023 EP 3946757**

(54) Título: **Conjuntos magnéticos y procesos para producir capas con efecto óptico que comprenden partículas de pigmento magnéticas o magnetizables orientadas no esféricas**

(30) Prioridad:

**28.03.2019 EP 19165774**

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**04.10.2023**

(73) Titular/es:

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

(72) Inventor/es:

**LOGINOV, EVGENY y  
DESPLAN, CLAUDE-ALAIN**

(74) Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

**ES 2 950 045 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**

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

5

Campo de la invención

La presente invención se relaciona con el campo de la protección de documentos de valor y bienes comerciales de valor o de marca contra la falsificación y la reproducción ilegal. En particular, la presente invención se relaciona con procesos 10 para producir capas con efecto óptico (OEL, por sus siglas en inglés) que muestra una apariencia dinámica de ángulo de visión y capas con efecto óptico obtenida de estas, así como los usos de tales OEL como medios contra la falsificación en documentos y artículos.

Antecedentes de la invención

15

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 ópticamente variables no esféricas, para la producción de elementos de seguridad y documentos de seguridad es conocido en la técnica.

20

Los elementos de seguridad de los documentos y artículos de seguridad pueden clasificarse en elementos de seguridad "encubiertos" y "evidentes". La protección proporcionada por los dispositivos de seguridad encubiertos se basa en el concepto de que tales dispositivos están ocultos a los sentidos humanos, por lo que suelen requerir equipos y conocimientos especializados para su detección, mientras que los dispositivos de seguridad "evidentes" son fácilmente detectables sin ayuda con los sentidos humanos. Tales características pueden ser visibles y/o detectables a través de los 25 sentidos táctiles al mismo tiempo que aún es difícil producirlas y/o copiarlas. Sin embargo, la efectividad de las características de seguridad evidentes depende en gran medida de su facilidad de reconocimiento como una característica de seguridad debido a que solo entonces los usuarios realizarán una verificación de seguridad con base en tal característica de seguridad si conocen su existencia y su naturaleza.

30

Las capas y los recubrimientos que comprenden partículas de pigmentos magnéticos o magnetizables se divultan, 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 pigmentos magnéticos o magnetizables en recubrimientos permiten la producción de imágenes, diseños y/o patrones inducidos magnéticamente a través de la aplicación de un campo magnético correspondiente, que da lugar a una orientación local de las partículas magnéticas o magnetizables en el recubrimiento sin endurecer, seguido del endurecimiento de este último para fijar las partículas en sus posiciones y orientaciones. Esto da como resultado efectos 35 ópticos específicos, es decir, imágenes, diseños o patrones inducidos magnéticamente que son difícilmente falsificables. Los elementos de seguridad basados en partículas de pigmentos magnéticos o magnetizables solo se pueden producir al tener acceso a ambos, las partículas de pigmentos magnéticos o magnetizables o una tinta o composición de recubrimiento correspondiente que comprende tales partículas, y la tecnología particular empleada para aplicar tal tinta o 40 composición de recubrimiento y para orientar tales partículas de pigmento en la tinta o composición de recubrimiento aplicada, seguido del endurecimiento de tal tinta o composición.

Un efecto óptico particularmente llamativo se puede lograr si una característica de seguridad cambia su apariencia con el cambio en las condiciones de visualización, tales como el ángulo de visión. Un ejemplo es el denominado efecto "barra rodante", como se divulga en el documento US 2005/0106367. Un efecto "barra rodante" está basado en la orientación 45 de partículas de pigmento que imitan una superficie curva a través del recubrimiento. El observador ve una zona de reflexión especular que se mueve alejarse o acercarse al observador cuando la imagen se inclina. Este efecto se utiliza hoy en día para una cantidad de elementos de seguridad en billetes bancarios de euro, tales como en los billetes bancarios de "5" y los de "10" en el número 5 y 10, respectivamente.

50

El documento WO 2018/054819 A1 divulga procesos para producir en substratos de capas con efecto óptico que proporcionan una impresión óptica de uno o más cuerpos con forma de bucle que tienen una forma que varía al inclinar la capa con efecto óptico, en donde tales procesos utilizan conjuntos magnéticos que comprenden un dispositivo generador de campo magnético con forma de bucle que tiene una magnetización radial y un imán dipolo que tiene un eje magnético sustancialmente perpendicular a la superficie del substrato y que está dentro o en la parte superior del bucle definido por el dispositivo generador de campo magnético en forma de bucle.

El documento US 2019/0030939 A1 divulga procesos para producir capas con efecto óptico en un substrato que proporciona una impresión óptica de uno o más cuerpos con forma de bucle que tienen un tamaño que varía al inclinar la capa con efecto óptico, en donde tales procesos utilizan conjuntos magnéticos que comprenden a) un dispositivo generador de campo magnético con forma de bucle que tiene una magnetización radial y un imán dipolo que tiene un eje magnético sustancialmente perpendicular, en donde el polo norte de tal imán dipolo está apuntando hacia la superficie del substrato cuando el polo norte del dispositivo generador de campo magnético con forma de bucle está apuntando hacia la periferia o en donde el polo sur de tal imán dipolo está apuntando hacia la superficie del substrato cuando el polo sur del dispositivo generador de campo magnético con forma de bucle está apuntando hacia la periferia de tal dispositivo generador de campo magnético con forma de bucle, y b) un imán dipolo que tiene un eje sustancialmente paralelo a la

superficie del substrato.

Persiste la necesidad de conjuntos y procesos magnéticos para producir capas con efecto óptico (OEL) basadas en partículas de pigmento magnéticas o magnetizables orientadas magnéticamente en tintas o composiciones de recubrimiento, en donde dichos conjuntos y procesos magnéticos sean confiables, fáciles de implementar y capaces de trabajar a una alta velocidad de producción al mismo tiempo que permite la producción de OEL que muestran un efecto dinámico y son difíciles de producir a gran escala con el equipo disponible para un falsificador.

Breve descripción de la invención

Por lo consiguiente, es un objetivo de la presente invención proporcionar conjuntos magnéticos (x00) para producir una capa con efecto óptico (OEL) en un substrato (x20), dicho conjunto magnético (x00) está configurado para recoger el substrato (x20) en una orientación sustancialmente paralela a un primer plano (P) y por encima del primer plano (P), y además comprende:

- a) un primer dispositivo generador de campo magnético (x30) que comprende tres o más primeros imanes dipolo  $x_{31ai}$  ( $x_{31a1}, x_{31a2}, \dots$ ), cada uno de dichos primeros imanes dipolo tienen su centro  $C_{x31-ai}$  ( $C_{x31-a1}, C_{x31-a2}, \dots$ ) dispuesto en un bucle (x32) en el primer plano (P), en donde dichos primeros imanes dipolo  $x_{31ai}$  ( $x_{31a1}, x_{31a2}, \dots$ ) tienen sus ejes magnéticos orientados para estar sustancialmente paralelos al primer plano (P), en donde dichos imanes dipolo  $x_{31ai}$  ( $x_{31a1}, x_{31a2}, \dots$ ) están al menos incorporados parcialmente en una matriz de soporte (x33); y
- b) un segundo dispositivo generador de campo magnético (x40) que comprende un segundo imán dipolo  $x_{41}$  que tiene sus ejes magnéticos orientados para estar sustancialmente perpendiculares al primer plano (P) y estar dispuestos a tener una proyección de su centro en el primer plano (P) que esté localizado en un punto de proyección  $C_{x41}$  dentro del bucle (x32), en donde el segundo dispositivo generador de campo magnético (x40) está dispuesto por encima del primer dispositivo generador de campo magnético (x30),

en donde los ángulos  $\alpha_i$  están formados entre cada uno de los vectores  $\overrightarrow{C_{x41}C_{x31-ai}}$  (tales como  $\overrightarrow{C_{x41}C_{x31-a1}}, \overrightarrow{C_{x41}C_{x31-a2}}$ , ...,  $i = 1, 2, \text{etc.}$ ) y el vector  $\overrightarrow{h_{x31-ai}}$ , (tal como  $\overrightarrow{h_{x31-a1}}, \overrightarrow{h_{x31-a2}}, \dots, i = 1, 2, \text{etc.}$ ) del eje magnético del primer imán dipolo  $x_{31ai}$  ( $x_{31a1}, x_{31a2}, \dots, i = 1, 2, \text{etc.}$ ), en donde todos los ángulos  $\alpha_i$ , cuando se miden en dirección contraria a las manecillas del reloj, están en el intervalo de aproximadamente  $20^\circ$  a aproximadamente  $160^\circ$  o en el intervalo de aproximadamente  $200^\circ$  a aproximadamente  $340^\circ$ , en donde cada uno de los primeros imanes dipolo  $x_{31ai}$  ( $x_{31a1}, x_{31a2}, \dots$ ) está dispuesto en una primera distancia ( $Y_i$ ), tal primera distancia ( $Y_i$ ) está en el primer plano (P) entre el punto de proyección  $C_{x41}$  y el centro  $C_{x31-ai}$  ( $C_{x31-a1}, C_{x31-a2}, \dots$ ) del primer imán dipolo  $x_{31ai}$  ( $x_{31a1}, x_{31a2}, \dots$ ). También se describen en este documento aparatos de impresión que comprenden un cilindro magnético giratorio que comprende uno o más conjuntos magnéticos (x00) descritos en este documento o una unidad de impresión planográfica que comprende uno o más conjuntos magnéticos (x00) descritos en este documento, o una banda que comprende uno o más conjuntos magnéticos (x00) descritos en el presente documento, en donde dicho aparatos de impresión son adecuados para producir la capa con efecto óptico (OEL) descrita en este documento en un substrato tal como aquellos descritos en el presente documento. También se describen en este documento usos del aparato de impresión descrito en este documento para producir la capa con efecto óptico (OEL) descrita en el presente documento en un substrato tal como el que se describe en este documento.

También se describen en este documento procesos para producir la capa con efecto óptico (OEL) descrita en este documento en un substrato (x20), dichos procesos comprenden las etapas de:

- i) aplicar en un substrato (x20) una composición de recubrimiento curable por radiación que comprende partículas de pigmento magnético o magnetizable no esférico, tal composición de recubrimiento curable por radiación está en un primer estado con el fin de formar una capa de recubrimiento (x10);
- ii) exponer la composición de recubrimiento curable por radiación a un campo magnético de un conjunto magnético estático (x00) descrito en este documento con el fin de orientar al menos una parte de las partículas de pigmento magnético o magnetizable no esféricas;
- iii) curar, al menos parcialmente, la composición de recubrimiento curable por radiación de la etapa ii) a un segundo estado con el fin de fijar las partículas magnéticas o magnetizables no esféricas en sus posiciones u orientaciones adoptadas.

También se describen en este documento métodos para fabricar un documento de seguridad o un elemento u objeto decorativo, que comprende a) proporcionar un documento de seguridad o un elemento u objeto, y b) proporcionar una capa con efecto óptico (OEL) tal como aquella que se describe en este documento, en particular tal como aquella que se obtiene por el proceso descrito en el presente documento, de forma que esté comprendida por el documento de seguridad o el elemento u objeto decorativo.

Breve descripción de los dibujos

Las Fig. 1A-E ilustra esquemáticamente conjuntos magnéticos (100) para producir una capa con efecto óptico (OEL) en un substrato (120) de acuerdo con la presente invención, en donde dichos conjuntos magnéticos (100) comprenden un

- primer dispositivo generador de campo magnético (130), un segundo dispositivo generador de campo magnético (140), opcionalmente un tercer dispositivo generador de campo magnético (150) (no se muestra en la Fig. 1), opcionalmente una o más piezas (160), opcionalmente un cuarto dispositivo generador de campo magnético (170) y opcionalmente una placa magnetizada (180).
- 5 La Fig. 1F ilustra esquemáticamente un conjunto magnético (100) configurado para recibir un substrato (120) en una orientación sustancialmente paralela a un primer plano (P) y por encima del primer plano (P). El conjunto magnético (100) comprende un primer dispositivo generador de campo magnético que comprende (130) tres primeros imanes dipolo (131<sub>a1</sub>, 131<sub>a2</sub>, 131<sub>a3</sub>) y un segundo dispositivo generador de campo magnético (140) que comprende un segundo imán dipolo (141), en donde el centro (C<sub>131-a1</sub>, C<sub>131-a2</sub> y C<sub>131-a3</sub>) de cada uno de dichos tres primeros imanes dipolo (131<sub>a1</sub>, 131<sub>a2</sub>, 131<sub>a3</sub>) están dispuestos en un bucle, en un anillo particular, (132) en el primer plano (P) y la proyección del centro del segundo imán dipolo (141) en dicho primer plano (P) está localizada en el punto de proyección (C<sub>141</sub>).
- 10 La Fig. 2A ilustra esquemáticamente un conjunto magnético (200) para producir una capa con efecto óptico (OEL) en un substrato (220). El conjunto magnético (200) comprende un primer dispositivo generador de campo magnético (230) que comprende tres primeros imanes dipolo (231<sub>a1</sub>, 231<sub>a2</sub>, 231<sub>a3</sub>) que tienen sus ejes magnéticos sustancialmente paralelos al substrato (220) y que está incorporado en una matriz de soporte (233) y un segundo dispositivo generador de campo magnético (240) que comprende un segundo imán dipolo (241) que tiene sus ejes magnéticos sustancialmente perpendiculares al substrato (220) con su polo norte apuntando hacia el substrato (220).
- 15 La Fig. 2B ilustra esquemáticamente una vista superior del primer dispositivo generador de campo magnético (230) del conjunto magnético (200) de la Fig. 2A, en donde cada uno de los tres primeros imanes dipolo (231<sub>a1</sub>, 231<sub>a2</sub>, 231<sub>a3</sub>) de dicho dispositivo generador de campo magnético (230) tiene su centro (C<sub>231-a1</sub>, C<sub>231-a2</sub> y C<sub>231-a3</sub>) dispuesto en un anillo (232). Los tres primeros imanes dipolo (231<sub>a1</sub>, 231<sub>a2</sub>, 231<sub>a3</sub>) tienen sus ejes magnéticos sustancialmente tangenciales al anillo (232) (es decir, los tres ángulos  $\alpha_{1/2/3}$  ( $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  y  $\alpha_3$ ) son iguales entre sí, dichos ángulos  $\alpha_{1/2/3}$  son de 90°) en la posición de su respectivo centro (C<sub>231-a1</sub>, C<sub>231-a2</sub> y C<sub>231-a3</sub>).
- 20 La Fig. 2C muestra fotografías de una OEL obtenida al usar el aparato ilustrado en la Fig. 2A-B, como se ve desde diferentes ángulos de visión.
- 25 La Fig. 3A ilustra esquemáticamente un conjunto magnético (300) para producir una capa con efecto óptico (OEL) en un substrato (320). El conjunto magnético (300) comprende un primer dispositivo generador de campo magnético (330) que comprende seis primeros imanes dipolo (331<sub>a1</sub>, ..., 331<sub>a6</sub>) que están incorporados en una matriz de soporte (333); un segundo dispositivo generador de campo magnético (340) que comprende un segundo imán dipolo (341) que tiene su eje magnético sustancialmente perpendicular al substrato (320) con su polo norte apuntando hacia el substrato (320); y un tercero dispositivo generador de campo magnético (350) que comprende seis terceros imanes dipolo (351) que tienen sus ejes magnéticos sustancialmente perpendiculares al substrato (320) con sus polos norte apuntando hacia el substrato (320) y que están incorporados en la matriz de soporte (333).
- 30 La Fig. 3B ilustra esquemáticamente una vista superior del primer dispositivo generador de campo magnético (330) y del tercero dispositivo generador de campo magnético (350) del conjunto magnético (300) de la Fig. 3A, en donde cada uno de los seis primeros imanes dipolo (331<sub>a1</sub>, ..., 331<sub>a6</sub>) del primer dispositivo generador de campo magnético (330) tiene su centro dispuesto en un anillo (332) y en donde cada uno de los seis terceros imanes dipolo (351) del tercero dispositivo generador de campo magnético (350) tiene su centro (C<sub>351</sub>) dispuesto en el anillo (332). Los primeros imanes dipolo (331<sub>a1</sub>, ..., 331<sub>a6</sub>) del primer dispositivo generador de campo magnético (330) y el imán dipolo (351) del tercero dispositivo generador de campo magnético (350) están dispuestos en el anillo de una forma alternante (332). Los seis primeros imanes dipolo (331<sub>a1</sub>, ..., 331<sub>a6</sub>) tienen sus ejes magnéticos sustancialmente tangenciales al anillo (332) (es decir, los seis ángulos  $\alpha_{1-6}$  ( $\alpha_1$ , ...,  $\alpha_6$ ) son iguales entre sí, dichos ángulos  $\alpha_{1-6}$  son de 90°) en la posición de su respectivo centro (C<sub>331-a1</sub>, ..., C<sub>331-a6</sub>).
- 35 La Fig. 3C muestra fotografías de una OEL obtenida al usar el aparato ilustrado en la Fig. 3A-B, como se ve desde diferentes ángulos de visión.
- 40 La Fig. 4A ilustra esquemáticamente un conjunto magnético (400) para producir una capa con efecto óptico (OEL) en un substrato (420). El conjunto magnético (400) comprende un primer dispositivo generador de campo magnético (430) que comprende ocho primeros imanes dipolo (431<sub>a1</sub>, ..., 431<sub>a8</sub>) que están incorporados en una matriz de soporte (433); un segundo dispositivo generador de campo magnético (440) que comprende un segundo imán dipolo (441) que tiene su eje magnético sustancialmente perpendicular al substrato (420) con su polo norte apuntando hacia el substrato (420) y un tercero dispositivo generador de campo magnético (450) que comprende cuatro terceros imanes dipolo (451) que tienen sus ejes magnéticos sustancialmente perpendiculares al substrato (420) y que están incorporados en la matriz de soporte (433).
- 45 La Fig. 4B ilustra esquemáticamente una vista superior del primer dispositivo generador de campo magnético (430) y del tercero dispositivo generador de campo magnético (450) del conjunto magnético (400) de la Fig. 4A, en donde cada uno de los ocho primeros imanes dipolo (431<sub>a1</sub>, ..., 431<sub>a8</sub>) del primer dispositivo generador de campo magnético (430) tiene su centro (C<sub>431-a1</sub>, ..., C<sub>431-a8</sub>) dispuesto en un anillo (432) y en donde cada uno de los cuatro terceros imanes dipolo (451) del tercero dispositivo generador de campo magnético (450) tiene su centro (C<sub>451</sub>) dispuesto en el anillo (432). Cuatro juegos de dos primeros imanes dipolo (431<sub>a1</sub>, ..., 431<sub>a8</sub>) del primer dispositivo generador de campo magnético (430) y un tercero imán dipolo (451) del tercero dispositivo generador de campo magnético (450) están dispuestos en el anillo de una forma alternante (432). Los ocho primeros imanes dipolo (431<sub>a1</sub>, ..., 431<sub>a8</sub>) tienen sus ejes magnéticos sustancialmente tangenciales (es decir, los ocho ángulos  $\alpha_{1-8}$  ( $\alpha_1$ , ...,  $\alpha_8$ ) son iguales entre sí, dichos ángulos  $\alpha_{1-8}$  son de 90°) en la posición de su respectivo centro (C<sub>431-a1</sub>, ..., C<sub>431-a8</sub>).
- 50 La Fig. 4C muestra fotografías de una OEL obtenida al usar el aparato ilustrado en la Fig. 4A-B, como se ve desde diferentes ángulos de visión.
- 55 La Fig. 5A ilustra esquemáticamente un conjunto magnético (500) para producir una capa con efecto óptico (OEL) en un

- substrato (520). El conjunto magnético (500) comprende un primer dispositivo generador de campo magnético (530) que comprende nueve primeros imanes dipolo ( $531_{a1}, \dots, 531_{a9}$ ) que están incorporados en una matriz de soporte (533); un segundo dispositivo generador de campo magnético (540) que comprende un segundo imán dipolo (541) que tiene su eje magnético sustancialmente perpendicular al substrato (520) con su polo norte apuntando hacia el substrato (520); un tercero dispositivo generador de campo magnético (550) que comprende tres terceros imanes dipolo (551) que tienen sus ejes magnéticos sustancialmente perpendiculares al substrato (520) con sus polos norte apuntando hacia el substrato (520) y que están incorporados en la matriz de soporte (533); un cuarto dispositivo generador de campo magnético (570) que comprende un cuarto imán dipolo (571) que tiene sus ejes magnéticos sustancialmente perpendiculares al substrato (520) con su polo sur apuntando hacia el substrato (520); y una pieza polar (560).
- 5 La Fig. 5B ilustra esquemáticamente una vista superior del primer dispositivo generador de campo magnético (530) y del tercero dispositivo generador de campo magnético (550) del conjunto magnético (500) de la Fig. 5A, en donde cada uno de los nueve primeros imanes dipolo ( $531_{a1}, \dots, 531_{a9}$ ) del primer dispositivo generador de campo magnético (530) tiene su centro dispuesto en un anillo (532) y en donde cada uno de los tres terceros imanes dipolo (551) del tercero dispositivo generador de campo magnético (550) tiene su centro ( $C_{551}$ ) dispuesto en el anillo (532). Tres juegos de tres primeros imanes dipolo ( $531_{a1}, \dots, 531_{a9}$ ) del primer dispositivo generador de campo magnético (530) y un tercero imán dipolo (551) del tercero dispositivo generador de campo magnético (550) están dispuestos en el anillo (532) de una forma alternante. Los nueve primeros imanes dipolo ( $531_{a1}, \dots, 531_{a9}$ ) tienen sus ejes magnéticos sustancialmente tangenciales al anillo (532) (es decir, los seis ángulos  $\alpha_{1-9}$  ( $\alpha_1, \dots, \alpha_9$ ) son iguales entre sí, dichos ángulos  $\alpha_{1-9}$  son de  $90^\circ$ ) en la posición de su respectivo centro ( $C_{531-a1}, \dots, C_{531-a9}$ ).
- 10 La Fig. 5C muestra fotografías de una OEL obtenida al usar el aparato ilustrado en la Fig. 5A-B, como se ve desde diferentes ángulos de visión.
- La Fig. 6A ilustra esquemáticamente un conjunto magnético (600) para producir una capa con efecto óptico (OEL) en un substrato (620). El conjunto magnético (600) comprende un primer dispositivo generador de campo magnético (630) que comprende tres primeros imanes dipolo ( $631_{a1}, 631_{a2}, 631_{a3}$ ) que tienen sus ejes magnéticos sustancialmente paralelos al substrato (620) y que están incorporados en una matriz de soporte (633); un segundo dispositivo generador de campo magnético (640) que comprende un segundo imán dipolo (641) que tiene su eje magnético sustancialmente perpendicular al substrato (620) con su polo norte apuntando hacia el substrato (620); un cuarto dispositivo generador de campo magnético (670) que comprende cuatro imanes dipolo (671) que tienen sus ejes magnéticos sustancialmente perpendiculares al substrato (620) con su polo norte apuntando hacia el substrato (620); y una pieza de polo (660).
- 15 La Fig. 6B ilustra esquemáticamente una vista superior del primer dispositivo generador de campo magnético (630) del conjunto magnético (600) de la Fig. 6A, en donde cada uno de los tres primeros imanes dipolo ( $631_{a1}, 631_{a2}, 631_{a3}$ ) del primer dispositivo generador de campo magnético (630) tiene su centro  $C_{631-a1}, C_{631-a2}$  y  $C_{631-a3}$  dispuesto en un anillo (632) y tiene su eje magnético sustancialmente tangencial al anillo (632) (es decir, los tres ángulos  $\alpha_{1/2/3}$  ( $\alpha_1, \alpha_2$  y  $\alpha_3$ ) son iguales entre sí, dichos ángulos  $\alpha_{1/2/3}$  son de  $90^\circ$ ) en la posición del centro respectivo ( $C_{631-a1}, C_{631-a2}$  y  $C_{631-a3}$ ).
- 20 La Fig. 6C muestra fotografías de una OEL obtenida al usar el aparato ilustrado en la Fig. 6A-B, como se ve desde diferentes ángulos de visión.
- La Fig. 7A ilustra esquemáticamente un conjunto magnético (700) para producir una capa con efecto óptico (OEL) en un substrato (720). El conjunto magnético (700) comprende un primer dispositivo generador de campo magnético (730) que comprende seis primeros imanes dipolo ( $731_{a1}, \dots, 731_{a6}$ ) que tienen sus ejes magnéticos sustancialmente paralelos al substrato (720) y que están incorporados en una matriz de soporte (733); un segundo dispositivo generador de campo magnético (740) que comprende un segundo imán dipolo (741) que tiene su eje magnético sustancialmente perpendicular al substrato (720) con su polo norte apuntando hacia el substrato (720); un cuarto dispositivo generador de campo magnético (770) que comprende cuatro imanes dipolo (771) que tienen sus ejes magnéticos sustancialmente perpendiculares al substrato (720) con su polo norte apuntando hacia el substrato (720); y una pieza de polo (760).
- 25 La Fig. 7B ilustra esquemáticamente una vista superior del primer dispositivo generador de campo magnético (730) del conjunto magnético (700) de la Fig. 7A, en donde cada uno de los seis primeros imanes dipolo ( $731_{a1}, \dots, 731_{a6}$ ) del primer dispositivo generador de campo magnético (730) tiene su centro ( $C_{731-a1}, \dots, C_{731-a6}$ ) dispuesto en un anillo (732) y tiene su eje magnético sustancialmente tangencial al anillo (732) (es decir, los tres ángulos  $\alpha_{1/3/5}$  ( $\alpha_1, \alpha_3$  y  $\alpha_5$ ) son iguales entre sí, dichos ángulos  $\alpha_{1/3/5}$  son de  $90^\circ$  y tres  $\alpha_{2/4/6}$  ( $\alpha_2, \alpha_4$  y  $\alpha_6$ ) son iguales entre sí, dichos ángulos  $\alpha_{2/4/6}$  son de  $270^\circ$  en la posición del respectivo centro ( $C_{731-a1}, \dots, C_{731-a6}$ ).
- 30 La Fig. 7C muestra fotografías de una OEL obtenida al usar el aparato ilustrado en la Fig. 7A-B, como se ve desde diferentes ángulos de visión.
- La Fig. 8A ilustra esquemáticamente un conjunto magnético (800) para producir una capa con efecto óptico (OEL) en un substrato (820). El conjunto magnético (800) comprende un primer dispositivo generador de campo magnético (830) que comprende seis primeros imanes dipolo ( $831_{a1}, \dots, 831_{a6}$ ) que tienen sus ejes magnéticos sustancialmente paralelos al substrato (820) y que están incorporados en una matriz de soporte (833); un segundo dispositivo generador de campo magnético (840) que comprende un segundo imán dipolo (841) que tiene su eje magnético sustancialmente perpendicular al substrato (820) con su polo norte apuntando hacia el substrato (820); un cuarto dispositivo generador de campo magnético (870) que comprende cuatro imanes dipolo (871) que tienen sus ejes magnéticos sustancialmente perpendiculares al substrato (820) con su polo norte apuntando hacia el substrato (820); y una pieza de polo (860).
- 35 La Fig. 8B ilustra esquemáticamente una vista superior del primer dispositivo generador de campo magnético (830) del conjunto magnético (800) de la Fig. 8A, en donde cada uno de los seis primeros imanes dipolo ( $831_{a1}, \dots, 831_{a6}$ ) del primer dispositivo generador de campo magnético (830) tiene su centro ( $C_{831-a1}, \dots, C_{831-a6}$ ) dispuesto en un anillo (832). Los seis ángulos  $\alpha_{1-6}$  ( $\alpha_1, \dots, \alpha_6$ ) son iguales entre sí, dichos ángulos  $\alpha_{1-6}$  son de  $225^\circ$ .
- 40 La Fig. 8C muestra fotografías de una OEL obtenida al usar el aparato ilustrado en la Fig. 8A-B, como se ve desde diferentes ángulos de visión.

La Fig. 9A ilustra esquemáticamente un conjunto magnético (900) para producir una capa con efecto óptico (OEL) en un substrato (920). El conjunto magnético (900) comprende un primer dispositivo generador de campo magnético (930) que comprende seis primeros imanes dipolo (931<sub>a1</sub>, ..., 931<sub>a6</sub>) que tienen sus ejes magnéticos sustancialmente paralelos al substrato (920) y que están incorporados en una matriz de soporte (933); un segundo dispositivo generador de campo magnético (940) que comprende un segundo imán dipolo (941) que tiene su eje magnético sustancialmente perpendicular al substrato (920) con su polo norte apuntando hacia el substrato (920); un cuarto dispositivo generador de campo magnético (970) que comprende cuatro imanes dipolo (971) que tienen sus ejes magnéticos sustancialmente perpendiculares al substrato (920) con su polo norte apuntando hacia el substrato (920); y una pieza de polo (960).

La Fig. 9B ilustra esquemáticamente una vista superior del primer dispositivo generador de campo magnético (930) del conjunto magnético (900) de la Fig. 9A, en donde cada uno de los seis primeros imanes dipolo (931<sub>a1</sub>, ..., 931<sub>a6</sub>) del primer dispositivo generador de campo magnético (930) tiene su centro ( $C_{931-a1}$ , ...,  $C_{931-a6}$ ) dispuesto en un anillo (932). Tres  $\alpha$  ( $\alpha_1$ ,  $\alpha_3$  y  $\alpha_5$ ) son iguales entre sí, dichos ángulos  $\alpha_{1/3/5}$  son de 225° y tres  $\alpha$  ( $\alpha_2$ ,  $\alpha_4$  y  $\alpha_6$ ) son iguales entre sí, dichos ángulos  $\alpha_{2/4/6}$  son de 45°.

La Fig. 9C muestra fotografías de una OEL obtenida al usar el aparato ilustrado en la Fig. 9A-B, como se ve desde diferentes ángulos de visión.

#### Descripción detallada

#### Definiciones

Las definiciones siguientes aplican al significado de los términos empleados en la descripción y se mencionan en las reivindicaciones.

Como se utiliza en este documento, el artículo indefinido "a" indica uno así como más de uno, y no limita necesariamente el sustantivo referente al singular.

Como se utiliza en este documento, el término "aproximadamente" significa que la cantidad o el valor en cuestión puede ser el valor específico designado o algún otro valor en su cercanía. Generalmente, el término "aproximadamente" indica un cierto valor que pretende designar un intervalo dentro del ± 5 % de ese valor. Como un ejemplo, la frase "aproximadamente 100" indica un intervalo de 100 ± 5, es decir, el intervalo de 95 a 105. Generalmente, cuando se usa el término "aproximadamente", se puede esperar que resultados o efectos similares de acuerdo con la invención se pueden obtener dentro de un intervalo de ± 5 % del valor indicado.

El término "sustancialmente paralelo" se refiere a desviarse no más de 10° de la alineación paralela y el término "sustancialmente perpendicular" se refiere a desviarse no más de 10° de la alineación perpendicular.

Como se usa en este documento, el término "y/o" significa que ambos o que solo uno de los elementos vinculados por el término están presentes. Por ejemplo, "A y/o B" significará "solo A, o solo B, o ambos, A y B". En el caso de "solo A", el término cubre también la posibilidad de que B esté ausente, es decir, "solo A, pero no B".

El término "que comprende" como se usa en este documento pretende ser no exclusivo y abierto. De este modo, por ejemplo, la composición solución que comprende un compuesto A puede incluir otros compuestos además de A. Sin embargo, el término "que comprende" también cubre, como una realización particular de esta, los significados más restrictivos de "que consiste esencialmente en" y "que consiste en", de forma que, por ejemplo, "una composición que comprende A, B y opcionalmente C" puede consistir (esencialmente) en A y B, o consistir (esencialmente) en A, B y C.

El término "composición de recubrimiento" se refiere a cualquier composición capaz de formar un recubrimiento, en particular una capa con efecto óptico (OEL) descrita en este documento, sobre un substrato sólido, y que puede aplicarse, preferente, pero no exclusivamente, mediante un método de impresión. La composición de recubrimiento que se describe en este documento comprende al menos una pluralidad de partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas y un aglomerante.

El término "capa con efecto óptico (OEL)" como se usa en este documento denota una capa que comprende al menos una pluralidad de partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas orientadas magnéticamente y un aglomerante, en donde las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables están fijas o congeladas (fijas/congeladas) en posición y orientación dentro de dicho aglomerante.

Una "partícula de pigmento", en el contexto de la presente divulgación, designa un material particulado, que es insoluble en la composición de tinta o recubrimiento, y que proporciona a esta última propiedades espectrales específicas (por ejemplo, opacidad, color o cambio de color).

Para cada primer imán dipolo  $x31_{ai}$  ( $x31_{a1}$ ,  $x31_{a2}$ , ...,  $i = 1, 2$ , etc.), el vector  $\overrightarrow{C_{x41}C_{x31-ai}}$  ( $C_{x41}C_{x31-a1}$ ,  $\overrightarrow{C_{x41}C_{x31-a2}}$ , ...,  $i = 1, 2$ , etc.) se refiere al vector entre el punto de proyección  $C_{x41}$  del segundo imán dipolo  $x41$  y el centro  $C_{x31-ai}$  ( $C_{x31-a1}$ ,  $C_{x31-a2}$ , ...) de dicho primer imán dipolo  $x31_{ai}$  ( $x31_{a1}$ ,  $x31_{a2}$ , ...,  $i = 1, 2$ , etc.), en donde  $\overrightarrow{C_{x41}C_{x31-ai}}$  corresponde a dicho vector

para un primer imán dipolo  $x_{31ai}$  ( $i = 1$ ),  $\overrightarrow{C_{x41}C_{x31-a2}}$  corresponde a dicho vector para un segundo primer imán dipolo  $x_{31a2}$  ( $i = 2$ ), y  $\overrightarrow{C_{x41}C_{x31-a3}}$  corresponde a dicho vector para un tercer primer imán dipolo  $x_{31a3}$  ( $i = 3$ ).

5 El término “eje magnético” indica una línea teórica que conecta los centros magnéticos de las superficies polares norte y sur de un imán y que se extiende a través de tales superficies polares. Este término no incluye ninguna dirección específica del campo magnético.

10 El término “dirección magnética” denota la dirección del vector del campo magnético a lo largo de una línea del campo magnético que apunta, en el exterior de un imán, desde su polo norte a su polo sur (véase, Handbook of Physics, Springer 2002, páginas 463-464).

15 En el contexto de la presente invención, el término “vector del eje magnético” indica un vector unidad,  $\overrightarrow{h_{x31-al}}$ , que conecta los centros magnéticos de la superficie del polo norte y del polo sur de un imán, e ir del polo sur al polo norte. Los vectores del eje magnético  $\overrightarrow{h_{x31-al}}$  del primer imán dipolo  $x_{31ai}$  ( $x_{31a1}, x_{31a2}, \dots$ ) son ilustrados por flechas en las Fig. 2B-9B, con el extremo de la flecha que corresponde al polo norte, en donde  $\overrightarrow{h_{x31-a1}}$  corresponde a dicho vector un primer primer imán dipolo  $x_{31ai}$  ( $i = 1$ ),  $\overrightarrow{h_{x31-a2}}$  que corresponde a dicho vector para un segundo primer imán dipolo  $x_{31a2}$  ( $i = 2$ ), y  $\overrightarrow{h_{x31-a3}}$  corresponde a dicho vector para un tercer primer imán dipolo  $x_{31a3}$  ( $i = 3$ ).

20 Como se usa en este documento, el término “al menos” define una cantidad determinada o más de dicha cantidad, por ejemplo, “al menos uno” significa uno, dos o tres, etc.

25 El término “documento de seguridad” se refiere a un documento que está protegido contra la falsificación o el fraude mediante al menos un elemento de seguridad. Ejemplos de documentos de seguridad incluyen, sin limitación, moneda, documentos de valor, documentos de identidad, etc.

30 Cuando la presente descripción se refiera a realizaciones/características “preferidas”, las combinaciones de estas realizaciones/características “preferidas” también se considerarán divulgadas como preferidas, siempre que esta combinación de realizaciones/características “preferidas” sea técnicamente significativa.

35 La presente invención proporciona ensamblajes magnéticos (x00) y procesos que usan dichos ensamblajes magnéticos (x00) para producir capas de efecto óptico (OEL), dichas OEL comprenden una pluralidad de partículas de pigmento magnetizables o magnéticas no esféricas orientadas de forma no aleatoria, dichas partículas de pigmento están dispersas dentro de un material endurecido/curado y capas con efectos ópticos (OEL) obtenidas del mismo. Gracias al patrón de orientación de dichas partículas de pigmento magnéticas o magnetizables, la OEL que se describe en este documento proporciona la impresión óptica de un cuerpo en forma de bucle rodeado por uno o más cuerpos en forma de bucle, en donde dichos uno o más cuerpos en forma de bucle tienen su forma y/o su brillo varían al inclinar la capa con efecto óptico (OEL).

40 Los conjuntos magnéticos (x00) que se describen en este documento están configurados para recibir el substrato (x20) que se describe en el presente documento en una orientación sustancialmente paralela a un primer plano (P).

45 La presente invención proporciona procesos y métodos para producir la capa con efecto óptico (OEL) que se describe en este documento en el substrato que se describe en el presente documento, y las capas con efecto óptico (OEL) obtenidas con este, en donde dichos métodos comprenden una etapa i) de aplicar en la superficie del substrato la composición de recubrimiento curable por radiación que comprende partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas que se describen en este documento, dicha composición de recubrimiento curable por radiación está en un primer estado, es decir, un estado líquido o en pasta, en donde la composición e recubrimiento curable por radiación está lo suficientemente mojada o blanda, de forma que las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas dispersas en la composición de recubrimiento curable por radiación son libremente móviles, girables y/u orientables ante la exposición al campo magnético.

55 La etapa i) descrita en este documento se puede llevar a cabo mediante un proceso de recubrimiento tal como, por ejemplo, procesos de recubrimiento con rodillo o por aspersión o mediante un proceso de pintado. Preferentemente, la etapa i) que se describe en este documento es llevada a cabo mediante un proceso de pintado, seleccionado preferentemente del grupo que consiste en serigrafía, impresión en huecograbado, impresión flexográfica, impresión por inyección de tinta e impresión en huecograbado (también denominada en la técnica como impresión en placa de cobre grabada e impresión en acero grabado), más preferentemente seleccionado del grupo que consiste en serigrafía, huecograbado e impresión flexográfica.

60 Posteriormente, simultáneamente de forma parcial o simultáneamente a la aplicación de la composición de recubrimiento

curable por radiación que se describe en este documento en la superficie del substrato que se describe en el presente documento (etapa i)), al menos una parte de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas son orientadas (etapa ii)) por exposición de la composición de recubrimiento curable por radiación al campo magnético del conjunto magnético (x00) que se describe en este documento, de forma que se alinee al menos una parte de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas a lo largo de las líneas del campo magnético generadas por el conjunto (x00).

Posterior o simultáneamente de forma parcial a la etapa de orientar/alinear al menos una parte de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas al aplicar el campo magnético descrito en este documento, la orientación de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas se fija o se congela. De este modo, es de resaltar que la composición de recubrimiento curable por radiación debe tener un primer estado, es decir, un estado líquido o pastoso, en donde la composición de recubrimiento curable por radiación está lo suficientemente húmeda o blanda, de forma que las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas dispersas en la composición de recubrimiento curable por radiación son móviles, girables y/u orientables libremente al exponerse 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 se congelan en sus respectivas posiciones y orientaciones.

En consecuencia, los procesos para producir una capa con efecto óptico (OEL) sobre el substrato (x20) descrito en este documento comprende una etapa iii) de curado al menos parcialmente de la composición de recubrimiento curable por radiación de la etapa ii) a un segundo estado para fijar las partículas magnéticas o magnetizables no esféricas en sus posiciones u orientaciones adoptadas. La etapa iii) de al menos curar parcialmente la composición de recubrimiento curable por radiación se puede llevar a cabo posterior o simultáneamente de forma parcial con la etapa de orientar/linear al menos una parte de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas al aplicar el campo magnético descrito en este documento (etapa ii)). Preferentemente, la etapa iii) de al menos curar parcialmente la composición de recubrimiento curable por radiación se lleva a cabo simultáneamente de forma parcial con la etapa de orientar/linear al menos una parte de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas al aplicar el campo magnético descrito en este documento (etapa ii)). Por "simultáneamente de forma parcial", significa que ambas etapas se realizan en parte simultáneamente, es decir, los tiempos de realizar cada una de las etapas se superponen parcialmente. En el contexto descrito en este documento, cuando el curado se realiza simultáneamente de forma parcial con la orientación de la etapa ii), debe entenderse que el curado se hace efectivo después de la orientación de forma que las partículas de pigmento se orientan antes del curado o endurecimiento completo o parcial de la OEL.

El primer y segundo estado de la composición de recubrimiento curable por radiación se proporcionan al usar un cierto 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 tomar la forma de una tinta o composición de recubrimiento curable por radiación tal como aquellas que se usan en aplicaciones de seguridad, por ejemplo, para impresión de billetes bancarios. Los anteriormente mencionados primer y segundo estados se proporcionan al usar un material que muestra un aumento en la viscosidad en reacción a la exposición a radiación electromagnética. Es decir, cuando el material aglomerante fluido se cura o solidifica, dicho material aglomerante pasa al 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 aglomerante. Como saben los expertos en la técnica, los ingredientes comprendidos en una composición de recubrimiento curable por radiación para aplicar sobre una superficie tal como un substrato 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 substrato. En consecuencia, el material aglomerante incluido en la composición de recubrimiento curable por radiación que se describe en este documento se selecciona usualmente de entre aquellas conocidas en la técnica y depende del proceso de recubrimiento o impresión utilizado para aplicar la composición de recubrimiento curable por radiación y del proceso de curado por radiación elegido.

En las capas con efecto óptico (OEL) que se describen en este documento, las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas descritas en el presente documento son dispensadas en la composición de recubrimiento curable por radiación curada/endurecida que comprende un material aglomerante curado que fije/congele la orientación de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables. El material aglomerante curado es al menos parcialmente transparente a radiación electromagnética de un intervalo de longitudes de onda comprendidas entre 200 nm y 2500 nm. De este modo, el material aglomerante al menos en su estado curado o sólido (también referido en este documento como segundo estado), al menos parcialmente transparente a radiación electromagnética de un intervalo de longitudes de onda comprendidos entre 200 nm y 2500 nm, es decir, dentro del intervalo de longitudes de onda que es referido usualmente como el "espectro óptico" y que comprende porciones de infrarrojo, visible y UV del espectro electromagnético, de forma que las partículas comprendidas en el material aglomerante en su estado curado o sólido y su reflectividad dependiente de la orientación se puede percibir a través del material aglomerante. Preferentemente, el material aglomerante curado es al menos parcialmente transparente a radiación electromagnética de un intervalo de longitudes de onda comprendidas entre 200 nm y 800 nm, más preferentemente comprendidas entre 400 nm y 700 nm. En este documento, el término "transparente" indica que la transmisión de radiación electromagnética a través de una capa de 20 mm del material aglomerante curado como se presenta en la OEL (no se incluyen partículas de pigmento magnéticas o magnetizables con forma de plaquetas, sino todos los otros componentes opcionales de la OEL en el caso de que tales componentes estén presentes) sea al menos del 50 %, más preferentemente al menos 60 %, incluso más preferentemente al menos 70 %,

en las longitudes de onda en cuestión. Esto se puede determinar, por ejemplo al medir la transmitancia de una pieza de prueba del material aglomerante curado (no se incluyen las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas) de conformidad con los métodos de prueba bien establecidos, por ejemplo, DIN 5036-3 (1979-11). Si la OEL sirve como elemento de seguridad encubierto, entonces usualmente se necesitarán medios técnicos para detectar el efecto óptico (completo) generado por la OEL en condiciones de iluminación respectivas que comprendan la longitud de onda no visible seleccionada; dicha detección requiere que la longitud de onda de la radiación incidente se seleccione fuera de la gama visible, por ejemplo, en la gama de UV cercana. Las porciones de infrarrojo, visible y UV del espectro electromagnético corresponden aproximadamente a la gama de longitud de onda entre 700-2500 nm, 400-700 nm y 200-400 nm respectivamente.

Como se ha mencionado anteriormente, la composición de recubrimiento curable por radiación que se describe en este documento depende del proceso de recubrimiento o de 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 revierte por un simple aumento de temperatura (por ejemplo, hasta a 80 °C) que puede tener lugar durante una utilización habitual de un artículo que comprende la OEL que se describe en este documento. El término "curado" o "curable" se refiere a procesos que incluyen la reacción química, reticulación o polimerización de al menos un componente en la composición de recubrimiento curable por radiación aplicado de forma tal que se vuelve un material polimérico que tiene un peso molecular mayor que 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, de este modo se evita cualquier movimiento posterior de las partículas de pigmento y, en consecuencia, 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 que incluye curado por radiación con luz UV visible o mediante curado por radiación por haz de electrones, más preferentemente mediante curado por radiación con luz UV-Vis.

Por lo tanto, las composiciones de recubrimiento curable por radiación adecuadas para la presente invención incluyen composiciones curables por radiación que se pueden curar por radiación por luz UV visible (de aquí en adelante referida como radiación con luz UV-Vis) o por radiación con haz de electrones (de aquí en adelante referida como radiación EB). Las composiciones curables por radiación son conocidas en la técnica y se pueden ver en libros de texto estándar, tales como las series "Chemistry & Technology of UV & EB Formulation for Coatings, Inks & Paints", Volume IV, Formulation, por C. Lowe, G. Webster, S. Kessel and 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 descrita en este documento es una composición de recubrimiento curable por radiación UV-Vis. Por lo tanto, una composición de recubrimiento curable por radiación comprende partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas descritas en este documento son preferentemente al menos parcialmente curadas por radiación con luz UV-Vis, preferentemente por luz LED de ancho de banda estrecha en la región espectral UV-A (315-400 nm) o azul (400-500 nm), más preferentemente por una fuente LED de alta potencia que emite en la región espectral de 350 nm a 450 nm, con un ancho de banda de emisión normal en el intervalo de 20 nm a 50 nm. La radiación UV procedente de lámparas de vapor de mercurio o de lámparas de mercurio dopado también puede utilizarse para aumentar la velocidad de curado de la composición de recubrimiento curable por radiación.

Preferentemente, la composición de recubrimiento curable por radiación UV-Vis comprende uno o más compuestos seleccionados del grupo que consiste en compuestos curables radicalmente y compuestos curables catiónicamente. La composición de recubrimiento curable por radiación UV-Vis descrita en este documento puede ser un sistema híbrido y comprende una mezcla de uno o más compuestos curables catiónicamente y uno o más compuestos curables radicalmente. Los compuestos curables catiónicamente se curan mediante mecanismos catiónicos que usualmente incluyen la activación por radiación de uno o más fotoiniciadores que liberan especies catiónicas, tales como ácidos, que a su vez inician el curado para hacer reaccionar y/o reticular los monómeros y/u oligómeros para curar así la composición de recubrimiento curable por radiación. Los compuestos curables por radicales se curan mediante mecanismos de radicales libres que normalmente incluyen la activación por radiación de uno o más fotoiniciadores, de ese modo, generando 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 aglomerante incluido en las composiciones de recubrimiento curables por radiación UV-Vis que se describen en este documento, pueden utilizarse diferentes fotoiniciadores. Los expertos en la técnica conocen ejemplos adecuados de fotoiniciadores de radicales libres e incluyen, sin limitación, acetofenonas, benzofenonas, bencildimetilcetales, alfa-aminocetonas, alfa-hidroxicetonas, óxidos de fosfina y derivados de óxido de fosfina, así como mezclas de dos o más de los mismos. Ejemplos adecuados de fotoiniciadores catiónicos son conocidos por los expertos en la materia e incluyen, sin limitación, sales de onio tales como sales orgánicas de yoduro (por ejemplo, sales de diariol yoduro), oxonio (por ejemplo, sales de triariloxonio) y sales de sulfonio (por ejemplo, sales de triarilsulfonio), así como mezclas de dos o más de las mismas. Otros ejemplos de fotoiniciadores útiles se pueden ver en libros de texto estándar tales como "Chemistry & Technology of UV & EB Formulation for Coatings, Inks & Paints", Volume III, "Photoinitiators for Free Radical Cationic and Anionic Polymerization", 2nd edition, de J. V. Crivello & K. Dietliker, editado por G. Bradley y publicado en 1998 por John Wiley & Sons en asociación con SITA Technology Limited. También puede ser ventajoso incluir un sensibilizador en conjunto con el uno o más fotoiniciadores con el fin de lograr un curado eficaz. Ejemplos usuales de fotosensibilizadores adecuados incluyen sin limitación isopropil-tioxantona (ITX), 1-cloro-2-propoxi-tioxantona (CPTX), 2-cloro-tioxantona (CTX) y 2,4-diethyl-tioxantona (DETX) y mezclas de dos o más de las mismas. El uno o más fotoiniciadores comprendidos en las composiciones de

recubrimiento curable por radiación UV-Vis están presentes preferentemente en una cantidad total de aproximadamente 0,1 % en peso a aproximadamente 20 % en peso, más preferentemente aproximadamente 1 % en peso a aproximadamente 15 % en peso, los porcentajes en peso están basados en el peso total de las composiciones de recubrimiento curable por radiación UV-Vis.

5 La composición de recubrimiento curable por radiación que se describe en este documento puede comprender además una o más sustancias marcadoras o etiquetadoras y/o uno o más materiales legibles por máquina seleccionados del grupo formado por materiales magnéticos (diferentes de las partículas de pigmento magnético o magnetizable en forma de placa descriptas en el presente documento), materiales luminiscentes, materiales eléctricamente conductores y 10 materiales absorbentes de infrarrojos. Como se usa en este documento, el término "material legible por máquina" se refiere a un material x32 que puede estar comprendido en una capa con el fin de conferir una manera de autenticar dicha capa o artículo que comprende dicha capa por el uso de un equipo particular para su autenticación.

15 La composición de recubrimiento curable por radiación que se describe en este documento puede comprender además uno o más componentes colorantes seleccionados del grupo que consiste en partículas de pigmento orgánico, partículas de pigmento inorgánico y tintes orgánicos, y/o uno o más aditivos. Estos últimos incluyen, sin limitación, compuestos y materiales que se utilizan para ajustar los parámetros físicos, reológicos y químicos de la composición de recubrimiento curable por radiación, como la viscosidad (por ejemplo, solventes, densificante y tensioactivos), la consistencia (por ejemplo, agentes antisedimentación, relleno y plastificantes), las propiedades espumantes (por ejemplo, agentes antiespumantes), las propiedades lubricantes (ceras, aceites), estabilidad UV (fotoestabilizadores), las propiedades de 20 adhesión, las propiedades antiestáticas, la vida de anaquel (inhibidores de polimerización), el brillo, etc. Los aditivos descritos en este documento pueden estar presentes en la composición de recubrimiento curable por radiación en cantidades y formas conocidas en la técnica, incluidos los denominados nanomateriales en los que al menos una de las dimensiones del aditivo está en el intervalo de 1 a 1000 nm.

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

30 Las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas son preferentemente son preferentemente partículas con forma de elipsoide prolato u oblato, con forma de placa o con forma de aguja, o una mezcla de dos o más de estas, y más preferentemente partículas con forma de placa.

35 Las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas que se describen en este documento se definen por tener, debido a su forma no esférica, una reflectividad no isotropa con respecto a una radiación electromagnética incidente para la cual el material aglomerante curado o endurecido es al menos parcialmente transparente. Como se usa en este documento, el término "reflectividad no isotrópica" indica que la proporción de radiación incidente de un primer ángulo que es reflejado por una partícula en una determinada (visión) dirección(un segundo ángulo) es una función de la orientación de las partículas, es decir, que es un cambio de la orientación de la partícula con respecto al primer ángulo puede llevar a una magnitud diferente de la reflexión a la dirección de visión. Preferentemente, las partículas de pigmento magnéticas 40 o magnetizables no esféricas que se describen en este documento tienen una reflectividad no isotrópica con respecto a la radiación electromagnética incidente en algunas partes o en el intervalo de longitud de onda completa de aproximadamente 200 a aproximadamente 2500 nm, más preferentemente de aproximadamente 400 a aproximadamente 700 nm, tal como un cambio en la orientación de la partícula da como resultado un cambio en la reflexión de esa partícula en una dirección determinada. Como sabe el experto en la técnica, las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables 45 que se describen en este documento son diferentes de los pigmentos convencionales, en que dichas partículas de pigmento convencionales exhiben el mismo color y reflectividad, independientemente de la orientación de las partículas, en tanto que las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables descritas en el presente documento exhiben un reflejo o un color, o ambos, que dependen de la orientación de las partículas. Las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas que se describen en este documento son preferentemente partículas de pigmento magnéticas 50 o magnetizables con forma de placa.

55 El proceso para producir la capa con efecto óptico (OEL) que se describe en este documento puede además comprender, para realizaciones con partículas de pigmento magnéticas o magnetizables con forma de placa, antes o al menos simultáneamente de forma parcial con la etapa ii) una etapa (etapa ii2) de exponer la capa de recubrimiento (x10) a un campo magnético dinámico de un dispositivo con el fin de orientar biaxialmente al menos una parte de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables con forma de placa, dicha etapa se lleva a cabo antes o simultáneamente de forma parcial con la etapa ii) y antes de la etapa iii). Los procesos que comprenden dicha etapa de exposición de una composición de recubrimiento a un campo magnético dinámico de un dispositivo con el fin de orientar biaxialmente al menos una parte de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables con forma de placa se describen en el documento WO 2015/ 086257 A1. Posteriormente a la exposición de la capa de recubrimiento (x10) al campo magnético del conjunto magnético (x30) que se describe en este documento y al mismo tiempo que la capa de recubrimiento (x10)

aún está húmeda o lo suficientemente blanda con el fin de que las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables con forma de placa en esta se pueden mover y rotar aún más, las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables con forma de placas se reorientan aún más mediante el uso del dispositivo descrito en el presente documento. Llevar a cabo una orientación biaxial significa que las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de placa se hacen orientar de tal manera que sus dos ejes principales queden constreñidos. Es decir, se puede considerar que cada partículas de pigmento magnéticas o magnetizables con forma de placa 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 con forma de placa se orientan en función del campo magnético dinámico. Efectivamente, esto da como resultado que las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables partículas magnéticas o magnetizables vecinas que están cerca entre sí sean esencialmente paralelas entre sí. Para realizar una orientación biaxial, las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables partículas magnéticas o magnetizables deben someterse a un campo magnético externo fuertemente dependiente del tiempo.

Los dispositivos particularmente preferidos para orientar biaxialmente partículas de pigmento magnéticas o magnetizables partículas magnéticas o magnetizables son divulgadas en el documento EP 2 157 141 A1. El dispositivo divulgado en el documento EP 2 157 141 A1 proporciona un campo magnético dinámico que cambia su dirección forzando a las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables partículas magnéticas o magnetizables a oscilar rápidamente hasta que ambos ejes principales, eje X y eje Y, se vuelven sustancialmente paralelos a la superficie del substrato, es decir, las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables partículas magnéticas o magnetizables giran hasta que llegan a la formación similar a una lámina estable con sus ejes X e Y sustancialmente paralelos a la superficie del substrato y se planarizan en dichas dos dimensiones. Otros dispositivos particularmente preferidos para orientar biaxialmente las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables comprenden conjuntos lineales de imanes permanentes Halbach, es decir, conjuntos que comprenden una pluralidad de imanes con diferentes direcciones de magnetización. La descripción detallada de los imanes permanentes de Halbach es proporcionada por Z.Q. Zhu and D. Howe (Halbach permanent magnet machines and applications: a review, IEE. Proc. Electric Power Appl., 2001, 148, p. 299-308). El campo magnético producido por una matriz de Halbach de este tipo tiene la propiedad de que se concentra en un lado mientras se debilita casi a cero en el otro lado. El documento WO 2016/083259 A1 divulga dispositivos adecuados para orientar biaxialmente partículas de pigmento magnéticas o magnetizables partículas magnéticas o magnetizables, en donde dichos dispositivos comprenden una matriz cilíndrica de Halbach. Otras partículas de pigmento magnéticas o magnetizables particularmente preferidas para orientar biaxialmente las partículas magnéticas o magnetizables son los imanes giratorios, comprendiendo dichos imanes giratorios en forma de disco o conjuntos magnéticos que están esencialmente magnetizados a lo largo de su diámetro. Imanes giratorios o conjuntos magnéticos adecuados son descritos en el documento US 2007/0172261 A1, dichos imanes giratorios o conjuntos magnéticos generan campos magnéticos variables en el tiempo radialmente simétricos, permitiendo la biorientación de partículas de pigmento magnéticas o magnetizables partículas magnéticas o magnetizables de una composición de recubrimiento aún no curada o endurecida. Estos imanes o conjuntos magnéticos son dirigidos por una barra (o huso) conectado a un motor externo. El documento CN 102529326 B divulga ejemplos de dispositivos que comprenden imanes giratorios que podrían ser adecuados para orientar biaxialmente partículas de pigmento magnéticas o magnetizables partículas magnéticas o magnetizables. En una realización preferida, los dispositivos adecuados para orientar biaxialmente partículas de pigmento magnéticas o magnetizables partículas magnéticas o magnetizables son imanes giratorios en forma de disco sin eje o conjuntos magnéticos constreñidos en un alojamiento hecho de materiales no magnéticos, preferiblemente no conductores, y son accionados por una o más bobinas de alambre magnético enrolladas alrededor del alojamiento. Ejemplos de tales imanes giratorios en forma de disco sin eje o conjuntos magnéticos son divulgados en los documentos WO 2015/082344 A1, WO 2016/026896 A1 y en la solicitud europea en trámite conjunto 17153905.9.

Ejemplos adecuados de partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas que se describen en este documento incluye, sin limitaciones, partículas de pigmento que comprende un metal magnético seleccionado del grupo que consiste en cobalto (Co), hierro (Fe), gadolinio (Gd) y níquel (Ni); aleaciones magnéticas de hierro, cromo, manganeso, cobalto, níquel y mezclas de dos o más de estos; óxidos magnéticos de cromo, manganeso, cobalto, hierro, níquel y mezclas de dos o más de ellos; y mezclas de dos o más de los mismos. El término "magnético" en referencia a los metales, aleaciones y óxidos está dirigido a metales, aleaciones y óxidos ferromagnéticos o ferromagnéticos. Los óxidos magnéticos de cromo, manganeso, cobalto, hierro, níquel o una mezcla de dos o más de ellos pueden ser óxidos puros o mixtos. Ejemplos de óxidos magnéticos incluyen, sin limitación, óxidos de hierro como la hematita ( $Fe_2O_3$ ), magnetita ( $Fe_3O_4$ ), dióxido de cromo ( $CrO_2$ ), ferritas magnéticas ( $MFe_2O_4$ ), espinelas magnéticas ( $MR_2O_4$ ), hexaferritas magnéticas ( $MFe_{12}O_{19}$ ), ortoferritas magnéticas ( $RFeOs$ ), granates magnéticos  $M_3R_2(AO_4)_3$ , en donde M representa un metal bivalente, R representa un metal trivalente y A representa un metal tetravalente.

Los ejemplos de partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas descritas en este documento incluyen, sin limitación, partículas de pigmento que comprenden una capa magnética M hecha de uno o más metales magnéticos como cobalto (Co), hierro (Fe), gadolinio (Gd) o níquel (Ni); y/o una aleación magnética de hierro, cromo, cobalto o níquel, en donde dichas partículas de pigmento magnéticas o magnetizables pueden ser estructuras multicapa que comprenden una o más capas adicionales. Preferentemente, la una o más capas adicionales son capas A independientemente hechas de uno o más materiales seleccionados del grupo que consiste en el grupo que consiste en fluoruros metálicos como el 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 ( $LiF$ ), preferentemente el fluoruro de metal es fluoruro de magnesio ( $MgF_2$ );

óxidos tales como óxido de silicio ( $\text{SiO}$ ), dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ), óxidos de titanio ( $\text{TiO}_2$ ), sulfuro de zinc ( $\text{ZnS}$ ) y óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), preferentemente dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ); o capas B independientemente hechas de uno o más materiales seleccionados del grupo que consiste en metales y aleaciones de metal, preferentemente seleccionados del grupo que consiste en metales reflectivos y aleaciones de metales reflectivos, y más preferentemente seleccionados del 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, aún más preferentemente seleccionados del grupo que consiste en aluminio (Al), cromo (Cr), níquel (Ni) y aleaciones de los mismos, a incluso más preferentemente aluminio (Al); o una combinación de una o más capas A tales como aquellas descritas anteriormente y una o más capas B tales como aquellas que se describieron anteriormente. Ejemplos usuales de partículas de pigmento magnéticas o magnetizables con forma de placa son estructuras multicapa descritas anteriormente incluyen, sin limitación, estructuras multicapa A/M, estructuras multicapa A/M/A, estructuras multicapa A/M/B, estructuras multicapa A/B/M/A, estructuras multicapa A/B/M/B, estructuras multicapa A/B/M/B/A, estructuras multicapa B/M, estructuras multicapa B/M/B, estructuras multicapa B/A/M/A, estructuras multicapa B/A/M/B, estructuras multicapa B/A/M/B/A, en donde las capas A, las capas magnéticas M y las capas B se seleccionan de aquellas que se describieron anteriormente.

De acuerdo con una realización, al menos una parte de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas descritas en este documento son estructuras multicapa dieléctricas/ reflectoras/ magnéticas/ reflectoras/ dieléctricas, en donde las capas reflectoras descritas en el presente documento están hechas independiente y preferentemente de uno o más seleccionados del grupo que consiste en metales y aleaciones de metal, preferentemente seleccionadas del 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 del grupo que consiste en aluminio (Al), cromo (Cr), níquel (Ni) y aleaciones de los mismos y más preferentemente aluminio (Al), en donde las capas dieléctricas están hechas independiente y preferentemente de uno o más materiales seleccionados del grupo que consiste en fluoruros de metal tales como fluoruro de magnesio ( $\text{MgF}_2$ ), fluoruro de aluminio ( $\text{AlF}_3$ ), fluoruro de cerio ( $\text{CeF}_3$ ), fluoruro de lantano ( $\text{LaF}_3$ ), fluoruros de aluminio y sodio (por ejemplo,  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ), fluoruro de neodimio ( $\text{NdF}_3$ ), fluoruro de samario ( $\text{SmF}_3$ ), fluoruro de bario ( $\text{BaF}_2$ ), fluoruro de calcio ( $\text{CaF}_2$ ), fluoruro de litio ( $\text{LiF}$ ), preferentemente el fluoruro de metal es fluoruro de magnesio ( $\text{MgF}_2$ ); óxidos tales como óxido de silicio ( $\text{SiO}$ ), dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ), óxidos de titanio ( $\text{TiO}_2$ ), sulfuro de zinc ( $\text{ZnS}$ ) y óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), preferentemente dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ); y en donde la capa magnética está hecha preferentemente de uno o más metales magnéticos tales como cobalto (Co), hierro (Fe), gadolinio (Gd) o níquel (Ni); y/o una aleación magnética de hierro, cromo, cobalto o níquel. Alternativamente, las estructuras dieléctricas/reflectoras/magnéticas/reflectoras/dieléctricas/multicapa que se describen en este documento pueden ser partículas de pigmento multicapa que se consideran seguras para la salud humana y el ambiente, en donde tal capa magnética comprende una aleación magnética que tiene una composición sustancialmente libre de níquel que incluye aproximadamente 40 % en peso a aproximadamente 90 % en peso de hierro, aproximadamente 10 % en peso a aproximadamente 50 % en peso de cromo y aproximadamente 0 % en peso a aproximadamente 30 % en peso de aluminio.

Al menos una parte de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas que se describen en este documento pueden estar constituidas por partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas que cambian de color y/o partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas que no tienen propiedades de cambio de color. Preferentemente, al menos una parte de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas que se describen en este documento están constituidas por partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas con cambio de color. Además de la seguridad evidente proporcionada por la propiedad de cambio de color de partículas de pigmento magnetizables o magnéticas no esféricas que cambian de color, que permite detectar, reconocer y/o discriminar fácilmente un artículo o documento de seguridad que porta una tinta, composición de recubrimiento curable por radiación, recubrimiento o capa que comprende las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas con cambio de color que se describen en este documento de posibles falsificaciones que utilizan los sentidos humanos sin ayuda, las propiedades ópticas de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas con cambio de color también se pueden usar como una herramienta legible por máquina para el reconocimiento de la capa con efecto óptico (OEL). De este modo, las propiedades ópticas de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas con cambio de color se pueden usar simultáneamente como una característica de seguridad encubierta o semiencubierta en un proceso de autenticación en donde las propiedades ópticas (por ejemplo, espectrales) de las partículas de pigmento que se analizan. El uso de partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas con cambio de color en composiciones de recubrimiento curable por radiación para producir una OEL mejora la significación de la OEL como una característica de seguridad en aplicaciones de documentos de seguridad, debido a que tales materiales (es decir, partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas con cambio de color) son reservados para la industria de la impresión de documentos de seguridad y no están disponibles comercialmente al público.

Más aún, y debido a sus características magnéticas, las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas con cambio de color que se describen en este documento son legibles por máquina, y, por lo tanto, las composiciones de recubrimiento curables por radiación comprenden aquellas partículas de pigmento que pueden ser detectadas, por ejemplo, con detectores magnéticos específicos. Las composiciones de recubrimiento curables por radiación que comprenden las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas aquí descritas pueden, por tanto, utilizarse como elemento de seguridad encubierto o semiencubierto (herramienta de autenticación) para documentos de seguridad.

- Según se mencionó anteriormente, preferentemente, al menos una parte de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas están constituidas por partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas con cambio de color. Estos se pueden seleccionar más preferentemente del grupo que consiste en partículas de pigmento de interferencia de película delgada magnética no esférica, partículas de pigmento de cristal líquido colestérico magnético no esférico, partículas de pigmento recubiertas de interferencia no esféricas que comprenden un material magnético y mezclas de dos o más de los mismos.
- Las partículas magnéticas de pigmento de interferencia de película delgada son conocidas por los expertos en la técnica y se divultan, 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 que se citan en estos. Preferentemente, las partículas de pigmento magnético de interferencia de película delgada 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 absorbentes/dieléctricas/reflectoras/dieléctricas/absorbentes en donde la capa reflectora y/o el absorbente también es una capa magnética, preferentemente el reflector y/o el absorbente es una capa magnética que comprende níquel, hierro y/o cobalto, y/o una aleación magnética que comprende níquel, hierro y/o cobalto y/o un óxido magnético que comprende níquel (Ni), hierro (Fe) y/o cobalto (Co).
- Las estructuras multicapa Fabry-Perot de seis capas preferidas consisten en estructuras multicapa absorbentes/dieléctricas/reflectoras/dieléctricas/absorbentes.
- Las estructuras multicapa Fabry-Perot de siete capas preferidas consisten en estructuras multicapa absorbentes/dieléctricas/reflectoras/dieléctricas/absorbentes tales como se divultan en el documento US 4,838,648.
- Preferentemente, las capas reflectoras que se describen en este documento están hechas independientemente de uno o más materiales seleccionados del grupo que consiste en metales y aleaciones de metales, preferentemente seleccionados del grupo que consiste en metales reflectivos y aleaciones de metales reflectivos, más preferentemente seleccionados del 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 seleccionado del grupo que consiste en aluminio (Al), cromo (Cr), níquel (Ni) y aleaciones de estos, e incluso más preferentemente aluminio (Al). Preferentemente, las capas dieléctricas están hechas independientemente de uno o más materiales seleccionados del grupo que consiste en fluoruros de metal 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 de metal tales como óxido de silicio ( $SiO$ ), dióxido de silicio ( $SiO_2$ ), óxido de titanio ( $TiO_2$ ), óxido de aluminio ( $Al_2O_3$ ), más preferentemente seleccionado del grupo que consiste en fluoruro de magnesio ( $MgF_2$ ) y dióxido de silicio ( $SiO_2$ ) e incluso más preferentemente fluoruro de magnesio ( $MgF_2$ ). Preferentemente, las capas absorbentes están hechas independientemente de uno o más materiales seleccionados del grupo que consiste en aluminio (Al), plata (Ag), cobre (Cu), paladio (Pd), platino (Pt), titanio (Ti), vanadio (V), hierro (Fe), estaño (Sn), tungsteno (W), molibdeno (Mo), rodio (Rh), niobio (Nb), cromo (Cr), níquel (Ni), óxidos metálicos de los mismos, sulfuros metálicos de los mismos, carburos metálicos de los mismos y aleaciones metálicas de los mismos, más preferiblemente seleccionados del grupo que consiste en cromo (Cr), níquel (Ni), hierro (Fe), óxidos metálicos de los mismos y aleaciones metálicas de los mismos, y aún más preferiblemente seleccionados del 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 las partículas de pigmento de interferencia de película delgada comprenden una estructura Fabry-Perot de siete capas es preferida, es particularmente preferido que las partículas de pigmento de interferencia de película delgada magnética comprende una estructura multicapa absorbente/ dieléctrica/ reflectora/ magnética/ reflectora/ dieléctrica/absorbente Fabry-Perot de siete capas que consiste en una estructura multicapa  $Cr/MgF_2/Al/M/Al/MgF_2/Cr$ , 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 magnética descritas en el presente documento pueden ser partículas de pigmento multicapa que se consideran seguras para la salud humana y el medio ambiente y se basan, por ejemplo, en estructuras multicapa Fabry-Perot de cinco capas, estructuras multicapa Fabry-Perot de seis capas y estructuras multicapa Fabry-Perot de siete capas, en donde dichas partículas de pigmento incluyen una o más capas magnéticas que comprenden una aleación magnética que tiene una composición sustancialmente libre de níquel que incluye aproximadamente 40 % en peso a aproximadamente 90 % en peso de hierro, aproximadamente 10 % en peso a aproximadamente 50 % en peso de cromo y aproximadamente 0 % en peso a aproximadamente 30 % en peso de aluminio. Ejemplos usuales de partículas de pigmento multicapa que se consideran seguros para la salud humana y el ambiente se pueden ver en el documento EP 2 402 401 A1.

Las partículas magnéticas de pigmento de interferencia de película delgada descritas en este documento se fabrican usualmente mediante una técnica de deposición establecida para las diferentes capas requeridas sobre una red. Despues de la deposición del número deseado de capas, por ejemplo, mediante deposición física de vapor (PVD [por sus siglas en inglés]), deposición química de vapor (CVD [por sus siglas en inglés]) o deposición electrolítica, la pila de capas se retira de la red, ya sea disolviendo una capa de liberación en un solvente adecuado o desprendiendo el material de la red. A continuación, el material así obtenido se descompone en partículas de pigmento en forma de plaquetas que deben seguir procesándose mediante trituración, molienda (como, por ejemplo, procesos de molienda por chorro) o cualquier otro método adecuado para obtener partículas de pigmento del tamaño requerido. El producto resultante consiste en partículas de pigmento planas en forma de plaqueta con bordes discontinuos, formas irregulares y diferentes relaciones de aspecto.

Para más información sobre la preparación de partículas de pigmento magnéticas de película fina con forma de plaqueta, véase, por ejemplo, EP 1 710 756 A1 y EP 1 666 546 A1.

Partículas de pigmento de cristal líquido colestérico magnéticas adecuadas que muestran características de cambio de color incluyen, sin limitación, partículas de pigmento de cristal líquido colestérico monocapa magnéticas y partículas de pigmento de cristal líquido colestérico multicapa magnéticas. Tales partículas de pigmento son divulgadas, por ejemplo, en los documentos WO 2006/063926 A1, US 6,582,781 y US 6,531,221. El documento WO 2006/063926 A1 divulga monocapas y partículas de pigmento obtenidas a partir de estas con alto brillo y propiedades de cambio de color con propiedades particulares adicionales como la magnetizabilidad. Las monocapas y partículas de pigmento descritas, que se obtienen a partir de ellas 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 divulgan partículas de pigmento multicapa colestérica que comprende la secuencia A<sup>1</sup>/B/A<sup>2</sup>, en donde A<sup>1</sup> y A<sup>2</sup> puede ser idéntica o diferente y cada una comprende al menos una capa colestérica, y B es una intercapa que absorbe toda o alguna de la luz transmitida por las capas A<sup>1</sup> y A<sup>2</sup> y confiere propiedades magnéticas a dicha intercapa. El documento US 6,531,221 divulga partículas de pigmento multicapa colestéricas en forma de plaquetas que comprenden la secuencia A/B y opcionalmente C, 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, sin limitación, estructuras consistentes en un substrato seleccionado del grupo que consiste en un núcleo recubierto con una o más capas, en las que al menos una del núcleo o de la una o más capas tiene propiedades magnéticas. Por ejemplo, los pigmentos recubiertos de interferencia adecuados comprenden un núcleo hecho de un material magnético tal como aquellos que se describieron anteriormente, dicho núcleo está recubierto con una o más capas hechas de uno o más óxidos de metal, o tienen una estructura que consiste en un núcleo hecho de micas sintéticas o naturales, silicatos en capas (por ejemplo, talco, caolín y sericit), vidrios (por ejemplo, borosilicatos), dióxidos de silicio (SiO<sub>2</sub>), óxidos de aluminio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), óxidos de titanio (TiO<sub>2</sub>), grafitos y mezclas de dos o más de estos. Además, una o más capas adicionales tales como capas coloreadas pueden estar presentes.

Las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas descritas en este documento pueden tratarse superficialmente para protegerlas contra cualquier deterioro que pueda ocurrir en la composición de recubrimiento curable por radiación y/o para facilitar su incorporación en la composición de recubrimiento curable por radiación; usualmente se pueden usar materiales inhibidores de la corrosión y/o agentes humectantes.

El substrato (x20) que se describe en este documento se selecciona preferentemente del grupo que consiste en papeles u otros materiales fibrosos, tales como celulosa, materiales que contengan papel, vidrio, metales, cerámicas, plásticos y polímeros, plásticos o polímeros metalizados, materiales compuestos y mezclas o combinaciones de los mismos. Los materiales de papel, similares al papel u otros materiales fibrosos típicos están hechos de una variedad de fibras que incluyen, sin limitación, abacá, algodón, lino, pulpa de madera y mezclas de estos. Como es bien sabido por los expertos en la técnica, se prefieren algodón y mezclas de algodón/linón para los billetes bancarios, mientras que la pulpa de madera se usa comúnmente en documentos de seguridad distintos de los billetes bancarios. Ejemplos usuales de plásticos y polímeros incluyen poliolefinas tales como polietileno (PE) y polipropileno (PP), poliamidas, poliésteres tales como polietileno tereftalato (PET), poli(1,4-butileno tereftalato) (PBT), polietileno 2,6-naftoato (PEN) y polivinilcloruros (PVC). Fibras de olefina hiladas tales como aquellas vendidas con la marca comercial Tyvek® también se pueden usar como substrato. Los ejemplos típicos de plásticos o polímeros metalizados incluyen los materiales plásticos o poliméricos descritos anteriormente que tienen un metal dispuesto de forma continua o discontinua sobre su superficie. Los ejemplos usuales de metales incluyen, entre otros, aluminio (Al), cromo (Cr), cobre (Cu), oro (Au), hierro (Fe), níquel (Ni), plata (Ag), combinaciones de los mismos o aleaciones de dos o más de los metales antes mencionados. La metalización de los materiales plásticos o poliméricos descritos anteriormente se puede realizar mediante un proceso de electrodeposición, un proceso de recubrimiento al alto vacío o mediante un proceso de pulverización catódica. Ejemplos típicos de materiales compuestos incluyen, sin limitación, estructuras o laminados multicapa de papel y al menos un material de plástico o polímero tal como aquellos que se describieron anteriormente en este documento así como fibras plásticas y/o poliméricas incorporadas a un material similar al papel o fibroso como los descritos anteriormente. Por supuesto, el substrato puede comprender otros aditivos conocidos por el experto, como agentes de encolado, blanqueadores, coadyuvantes tecnológicos, agentes de refuerzo o de refuerzo en húmedo, etc. El substrato que se describe en este documento puede proporcionarse en forma de elemento laminar (por ejemplo, una lámina continua de los materiales descritos anteriormente) o en forma de hojas. En caso de que la capa con efecto óptico (OEL) producida de acuerdo con la presente invención esté sobre un documento de seguridad, y con el objetivo de aumentar aún más el nivel de seguridad y la resistencia a la

falsificación y la reproducción ilegal de dicho documento de seguridad, el substrato puede comprender indicios, marcas de agua, hilos de seguridad, fibras, planchas, compuestos luminiscentes, ventanas, láminas, 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 aún más el nivel de seguridad y la resistencia a la falsificación y la reproducción ilegal de documentos de seguridad, el substrato puede comprender una o más sustancias marcadoras o etiquetadoras y/o sustancias legibles por máquina (por ejemplo, sustancias luminiscentes, sustancias absorbentes de UV/visible/IR, sustancias magnéticas y combinaciones de estas).

Las Fig. 1A-E ilustran esquemáticamente conjuntos magnéticos adecuados (x00) para usarse durante los procesos descritos en este documento para producir las capas con efecto óptico (OEL) descritas en el presente documento. Los conjuntos magnéticos (x00) que se describen en este documento permiten la producción de OEL en el substrato (x20) descrito en este documento, en donde dichos conjuntos magnéticos (x00) son usados para orientar las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas con el fin de producir la OEL que aquí se describe. Los conjuntos magnéticos (x00) que se describen en este documento están basados en la interacción de al menos a) el primer dispositivo generador de campo magnético (x30) descrito en el presente documento y b) el segundo dispositivo generador de campo magnético (x40) que aquí se describe, así como el tercer y cuarto dispositivo generador de campo magnético (x50, x70), la placa magnetizada opcional (x80) y la una o más piezas polares opcionales (x60).

Los conjuntos magnéticos (x00) que se describen en este documento están configurados para recibir el substrato (x20) en una orientación sustancialmente paralela a un primer plano (P) y por encima del primer plano. Como se muestra en la Fig. 1F, el bucle (x32) en el que todos los centros ( $C_{x31-a1}, C_{x31-a2}, \dots$ ) de los tres o más primeros imanes dipolo ( $x31_{a1}, x31_{a2}, \dots$ ) del primer dispositivo generador de campo magnético (x30) están dispuestos en el primer plano (P) y la proyección del centro del segundo imán dipolo (x41) del segundo dispositivo generador de campo magnético (x40) en dicho primer plano (P) está localizado en un punto de proyección ( $C_{x41}$ ) dentro del bucle (x32) que se describe en este documento.

El primer dispositivo generador de campo magnético (x30) que se describe en el presente documento comprende los tres o más primeros imanes dipolo ( $x31_{a1}, x31_{a2}, \dots$ ) descritos en este documento, en donde cada uno de dichos primeros imanes dipolo ( $x31_{a1}, x31_{a2}, \dots$ ) tienen su centro ( $C_{x31-a1}, C_{x31-a2}, \dots$ ) dispuesto en el bucle (x32) en el primer plano (P) y en donde dichos primeros imanes dipolo ( $x31_{a1}, x31_{a2}, \dots$ ) tiene sus ejes magnéticos orientados para estar sustancialmente paralelos al primer plano (P) (y sustancialmente paralelos al substrato (x20)). Como se muestra, por ejemplo, en las Fig. 1F y 2A-9A, los tres o más primeros dipolos magnéticos ( $x31_{a1}, x31_{a2}, \dots$ ) que se describen en este documento están representados  $x31_{ai}$ , en donde el primer imán dipolo  $x31_{a1}$  se refiere a un primer imán dipolo  $x31_{a1}$  ( $i = 1$ ), el primer imán dipolo  $x31_{a2}$  se refiere a un segundo primer imán dipolo  $x31_{a2}$  ( $i = 2$ ), el primer imán dipolo  $x31_{a3}$  se refiere a un tercer primer imán dipolo  $x31_{a3}$  ( $i = 3$ ).

Los primeros imanes dipolo ( $x31_{a1}, x31_{a2}, \dots$ ) del primer dispositivo generador de campo magnético (x30) y el segundo imán dipolo (x41) del segundo dispositivo generador de campo magnético (x40) están dispuestos de forma que los ángulos  $\alpha_i$ , es decir, los ángulos formado entre cada uno de los vectores  $\overrightarrow{C_{x41}C_{x31-ai}}$  (tal como  $\overrightarrow{C_{x41}C_{x31-a1}}, \overrightarrow{C_{x41}C_{x31-a2}}, \dots, i = 1, 2, \dots$ , etc.) (es decir, los vectores entre el punto de proyección ( $C_{x41}$ ) del segundo imán dipolo (x41) y el centro respectivo ( $C_{x31-a1}, C_{x31-a2}, \dots$ ) de cada uno de los primeros imanes dipolo ( $x31_{a1}, x31_{a2}, \dots$ )) y el vector  $\overrightarrow{h_{x31-ai}}$  ( $h_{x31-a1}, h_{x31-a2}, \dots$ ) de los ejes magnéticos del respectivo primer imán dipolo ( $x31_{a1}, x31_{a2}, \dots$ ), en donde todos los ángulos  $\alpha_i$ , cuando se miden en dirección cuando se miden en sentido contrario a las manecillas del reloj, están en el intervalo de aproximadamente  $20^\circ$  a aproximadamente  $160^\circ$  o en el intervalo de aproximadamente  $200^\circ$  a aproximadamente  $340^\circ$ . Como puede observarse en las Fig. 2B-9B, los ángulos  $\alpha_i$  consisten en los ángulos formados cuando se va del vector  $\overrightarrow{C_{x41}C_{x31-ai}}$  (tales como  $\overrightarrow{C_{x41}C_{x31-a1}}, \overrightarrow{C_{x41}C_{x31-a2}}, \dots$ ) (es decir, el vector entre la proyección  $C_{x41}$  del segundo imán dipolo (x41) y el centro de cada uno de los primeros imanes dipolo ( $x31_{a1}, x31_{a2}, \dots$ )) al vector  $\overrightarrow{h_{x31-ai}}$  (es decir, el vector de los ejes magnéticos de cada uno de los imanes dipolo ( $x31_{a1}, x31_{a2}, \dots$ )) en una dirección en sentido contrario a las manecillas del reloj.

De acuerdo con una realización, al menos uno de los ángulos  $\alpha_i$  descritos en este documento tiene un valor de  $90^\circ$  o  $270^\circ$ . De acuerdo con una realización preferida, los ángulos  $\alpha_i$  que se describen en este documento son iguales entre sí y más preferentemente todos los primeros imanes dipolo ( $x31_{a1}, x31_{a2}, \dots$ ) tienen sus ejes magnéticos sustancialmente tangenciales al bucle (x32) en la posición de su centro ( $C_{x31-a1}, C_{x31-a2}, \dots$ ), es decir, todos los ángulos  $\alpha_i$  descritos en el presente documento tienen un valor de  $90^\circ$  o  $270^\circ$  (es decir, todos los ángulos  $\alpha_i$  tienen un valor de  $90^\circ$ , o todos los ángulos  $\alpha_i$  tienen un valor de  $270^\circ$ , o algunos de todos los ángulos  $\alpha_i$  tienen un valor de  $90^\circ$  y el o los restantes tienen/tienen un valor de  $270^\circ$ ).

De acuerdo con una realización, el primer dispositivo generador de campo magnético (x30) y el segundo dispositivo generador de campo magnético (x40) están dispuestos de forma tal que al menos dos, preferentemente todos, los ángulos  $\beta_i$ , son iguales entre sí, en donde dichos ángulos  $\beta_i$  están formados respectivamente entre los vectores  $\overrightarrow{C_{x41}C_{x31-ax}}$  y  $\overrightarrow{C_{x41}C_{x31-ax+1}}$ , es decir, los ángulos formados entre las líneas rectas del punto de proyección ( $C_{x41}$ ) al centro respectivo ( $C_{x31-a1}, C_{x31-a2}, \dots$ ) del primer imán dipolo ( $x31_{a1}, x31_{a2}, \dots$ ) adyacente (pero no necesariamente en contacto directo).

Cada uno de los primeros imanes dipolo ( $x_{31a1}, x_{31a2}, \dots$ ) del primer dispositivo generador de campo magnético generador de campo magnético ( $x30$ ) está dispuesto en la primera distancia ( $Y_{1i}$ ) descrita en este documento, dicha primera distancia ( $Y_{1i}$ ) está en el primer plano (P) entre el punto de proyección ( $C_{x41}$ ) y el centro ( $C_{x31-a1}, C_{x31-a2}, \dots$ ) del primer imán dipolo ( $x_{31a1}, x_{31a2}, \dots$ ). Las primeras distancias ( $Y_i$ ) que se describen en este documento pueden ser diferentes para los primeros 5 imanes dipolo ( $x_{31a1}, x_{31a2}, \dots$ ) o pueden ser iguales entre sí; preferentemente las primeras distancias ( $Y_i$ ) descritos en este documento son iguales entre sí. Preferentemente, los primeros imanes dipolo ( $x_{31a1}, x_{31a2}, \dots$ ) del primer dispositivo generador de campo magnético ( $x30$ ) están dispuestos con respecto a los segundos imanes dipolo ( $x41$ ) de forma tal que cumplen con lo siguiente:

$$0.5 \leq \frac{Y}{X} \leq 10$$

10

más preferentemente,

$$0.7 \leq \frac{Y}{X} \leq 5$$

15

y aún más preferentemente,

$$1 \leq \frac{Y}{X} \leq 3$$

20

en donde la dimensión (X) corresponde a la dimensión más pequeña (X) de la superficie más elevada del segundo imán dipolo cilíndrico ( $x41$ ). Para modalidades en donde el segundo imán dipolo ( $x41$ ) es un imán dipolo cilíndrico (véase, por ejemplo Fig. 1-9), la dimensión más pequeña (X) de la superficie más elevada de dicho segundo imán dipolo cilíndrico ( $x41$ ) corresponde al diámetro de dicho segundo imán dipolo ( $x41$ ).

25

Los tres o más primeros imanes dipolo ( $x_{31a1}, x_{31a2}, \dots$ ) descritos en este documento tienen sus ejes orientados para quedar sustancialmente paralelos al primer plano (P) (substancialmente paralelo al substrato ( $x20$ )). Los tres o más primeros imanes dipolo ( $x_{31a1}, x_{31a2}, \dots$ ) descritos en este documento pueden tener una misma dirección magnética (como se muestra por ejemplo en la Fig. 2-6B y 8B) o puede tener una dirección magnética diferente (como se muestra, por ejemplo en la Fig. 7B y 9B).

30

Los tres o más primeros imanes dipolo ( $x_{31a1}, x_{31a2}, \dots$ ) que se describen en este documento pueden tener el mismo tamaño, la misma forma, las mismas dimensiones y/o se pueden hacer del mismo material, preferentemente los tres o más primeros imanes dipolo ( $x_{31a1}, x_{31a2}, \dots$ ) descritos en este documento tienen el mismo tamaño, la misma forma, las mismas dimensiones y están hechos del mismo material.

35

El término "bucle" ( $x32$ ) indica que el centro ( $C_{x31-a1}, C_{x31-a2}, \dots$ ) de todos los tres o más primeros imanes dipolo ( $x_{31a1}, x_{31a2}, \dots$ ) de dicho primer dispositivo generador de campo magnético ( $x30$ ) se proporcionan y disponen en una disposición que tiene la forma de un cuerpo cerrado o una trayectoria cerrada recombinante consigo misma, que forma una disposición con forma de bucle cerrado que circunda un área central. El bucle ( $x32$ ) puede ser redondo, ovalado, en elipse, cuadrado, triangular, rectangular o cualquier forma poligonal (regular o irregular). Los ejemplo de bucles ( $x32$ ) incluyen un anillo o círculo, un rectángulo o cuadrado, un triángulo, un pentágono (regular o irregular), un hexágono (regular o irregular), un heptágono (regular o irregular), un octágono (regular o irregular), , etc.

45

Preferentemente, cada uno de los tres o más primeros imanes dipolo ( $x_{31a1}, x_{31a2}, \dots$ ) que se describen en este documento tienen su centro ( $C_{x31-a1}, C_{x31-a2}, \dots$ ) dispuesto en un bucle simétrico ( $x32$ ), en donde dicho bucle simétrico ( $x32$ ) es preferentemente un anillo. De acuerdo con una realización, los tres o más primeros imanes dipolo ( $x_{31a1}, x_{31a2}, \dots$ ) del dispositivo generador de campo magnético ( $x30$ ) descritos en este documento se proporcionan y disponen en el bucle ( $x32$ ) de forma que la distancia entre estos es igual. Preferentemente, el bucle ( $x32$ ) es un anillo y los tres o más primeros imanes dipolo ( $x_{31a1}, x_{31a2}, \dots$ ) están dispuestos en dicho anillo y forman un polígono regular tal como, por ejemplo, un triángulo equilátero, un cuadrado, un pentágono regular, un hexágono regular, etc.

50

Los primeros imanes dipolo ( $x_{31a1}, x_{31a2}, \dots$ ) del primer dispositivo generador de campo magnético ( $x30$ ) están al menos parcial o completamente incorporados en la matriz de soporte ( $x33$ ) que se describe en este documento. La matriz de soporte ( $x33$ ) descrita en este documento se usa para mantener juntos los tres o más primeros imanes dipolo ( $x_{31a1}, x_{31a2}, \dots$ ) del primer dispositivo generador de campo magnético ( $x30$ ) que se describe en este documento. Cuando está presente, el uno o más terceros imanes dipolo ( $x51$ ) del tercer dispositivo generador de campo magnético ( $x50$ ) que se describe en este documento están al menos parcialmente incorporados en la matriz de soporte ( $x33$ ) que se describe en este documento y dicha matriz de soporte ( $x33$ ) se usa para mantener juntos los tres o más primeros imanes dipolo ( $x_{31a1}, x_{31a2}, \dots$ ) del primer dispositivo generador de campo magnético ( $x30$ ) que se describe en este documento y el uno o más terceros imanes dipolo ( $x51$ ) del tercer dispositivo generador de campo magnético ( $x50$ ).

Las una o más matrices de soporte ( $x33$ ) que se describen en este documento se elaboran independientemente de uno

o más materiales no magnéticos. Los materiales no magnéticos se seleccionan preferentemente del grupo que consiste en metales no magnéticos y plásticos y polímeros diseñados. Los metales no magnéticos incluyen, sin limitación, aluminio, aleaciones de aluminio, latón (aleaciones de cobre y zinc), 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), polietercetonacetonas (PEKK), polieteretercetonacetonas (PEEK) y polietercetonacetonacetonas (PEKEKK); poliacetales, poliamidas, poliésteres, poliéteres, copoliésteres, poliimidas, polieterimidas, polietileno de alta densidad (HDPE), polietileno de ultra alto peso molecular (UHMWPE), polibutileno tereftalato (PBT), copolímero polipropileno, acrilonitrilo butadieno estireno (ABS), polietilenos fluorinados y perfluorinados, poliestirenos, policarbonatos, polifenilosulfuro (PPS) y polímeros cristalinos líquidos. Los materiales preferidos son PEEK (polietercetonacetonas), POM (polioximetileno), PTFE (politetrafluoroetileno), Nylon® (poliamida) y PPS.

El conjunto magnético (x00) comprende el segundo dispositivo generador de campo magnético (x40) descrito en este documento, en donde dicho dispositivo generador de campo magnético (x40) comprende el segundo imán dipolo (x41) que tiene sus ejes magnéticos sustancialmente perpendiculares al primer plano (P) (y sustancialmente perpendiculares al substrato (x20) que se describe en este documento). La proyección del centro de dicho segundo imán dipolo (x41) en el primer plano (P) está ubicado en un punto de proyección ( $C_{x41}$ ) dentro del bucle (x32). Para realizaciones en donde el bucle (x32) es un bucle simétrico (x32), preferentemente un anillo y como se muestra, por ejemplo, en las Fig. 2-9, el segundo imán dipolo (x41) del segundo dispositivo generador de campo magnético (x40) que se describe en este documento está dispuesto preferentemente de forma que el punto de proyección ( $C_{x41}$ ) esté dispuesto simétricamente dentro del bucle simétrico (x32), es decir, el punto de proyección ( $C_{x41}$ ) también corresponde al centro del bucle simétrico (x32).

El segundo dispositivo generador de campo magnético (x40) que se describe en este documento está dispuesto encima del primer dispositivo generador de campo magnético (x30) descrito en el presente documento; en otras palabras, durante el proceso para producir la capa con efecto óptico (OEL) que se describe en este documento, el substrato (x20) que porta la capa de recubrimiento (x10) comprende las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas está dispuesto encima del segundo dispositivo generador de campo magnético (x40) y dicho segundo dispositivo generador de campo magnético (x40) está dispuesto encima del primer dispositivo generador de campo magnético (x30). Preferentemente, el primer dispositivo generador de campo magnético (x30) y el segundo dispositivo generador de campo magnético (x40) están sustancialmente centrados entre sí.

La segunda distancia (d) que se describe en este documento y que se muestra, por ejemplo, en las Fig. 1A-1E, es decir, la distancia de la superficie más elevada del primer dispositivo generador de campo magnético (x30) y una superficie más baja del segundo imán dipolo (x41) que se describe en este documento, es preferentemente igual o menor que el espesor (Z) del segundo imán dipolo (x41). En particular, la segunda distancia (d) descrita en este documento es preferentemente de entre aproximadamente 0 mm y aproximadamente 5 mm, más preferentemente entre aproximadamente 0 mm y aproximadamente 1 mm e incluso más preferentemente aproximadamente 0 mm.

La tercera distancia (e) que se describe en este documento y que se muestra, por ejemplo, en las Fig. 1A-1E, es decir, la distancia de la superficie más elevada del segundo dispositivo generador de campo magnético (x40) que se describe en este documento y la superficie más baja del substrato (x20) que orienta dicho segundo dispositivo generador de campo magnético (x40) es preferentemente de entre aproximadamente 0 mm y aproximadamente 10 mm, más preferentemente entre aproximadamente 0 mm y aproximadamente 5 mm e incluso más preferentemente entre aproximadamente 0 mm y aproximadamente 1 mm.

El conjunto magnético (x00) que se describe en este documento puede comprender además el tercer dispositivo generador de campo magnético (x50) que comprende el uno o más terceros imanes dipolo (x51) que se describen en este documento, en donde dicho uno o más terceros imanes dipolo (x51) tienen sus ejes magnéticos sustancialmente perpendiculares al primer plano (P) y sustancialmente perpendiculares al substrato (x20) y están al menos parcialmente incorporados en la matriz de soporte (x33) que se describe en este documento. Cada uno de dicho uno o más terceros imanes dipolo (x51) que se describen en este documento tienen su centro preferentemente ( $C_{x51}$ ) en el primer plano (P) descrito en el presente documento y están dispuestos preferentemente en el bucle (x32) que aquí se describe.

Preferentemente, y como se muestra, por ejemplo, en las Fig. 3-5, el uno o más terceros imanes dipolo (x51) del tercer dispositivo generador de campo magnético (x50) que se describe en este documento están dispuestos de una manera alternante en el bucle (x32) y están dispuestos entre uno o más de los primeros imanes dipolo ( $x31_{a1}, x31_{a2}, \dots$ ) del primer dispositivo generador de campo magnético (x30).

El primer dispositivo generador de campo magnético (x30) y el uno o más terceros imanes dipolo (x51) están dispuestos de forma que los ángulos y están formados respectivamente entre los vectores  $\overrightarrow{C_{x41}C_{x31-a1}}$  y  $\overrightarrow{C_{x41}C_{x51}}$ , es decir, los ángulos formados entre la línea recta del punto de proyección ( $C_{x41}$ ) al centro ( $C_{x31-a1}, C_{x31-a2}, \dots$ ) del primer imán dipolo ( $x31_{a1}, x31_{a2}, \dots$ ) y la línea recta del punto de proyección ( $C_{x41}$ ) al centro ( $C_{x51}$ ) del tercer imán dipolo (x51) adyacente (pero no necesariamente en contacto directo). Preferentemente, los ángulos y son iguales entre sí. Las distancias entre el punto de proyección ( $C_{x41}$ ) del centro del segundo imán dipolo (x41) y el centro ( $C_{x51}$ ) del uno o más terceros imanes dipolo (x51) del tercer dispositivo generador de campo magnético (x50) son preferentemente iguales entre sí y son más

preferentemente iguales a las distancias ( $Y_i$ ) descritas anteriormente.

El conjunto magnético (x00) que se describe en este documento puede comprender además la una o más piezas polares (x60) descritas en el presente documento. La una o más piezas polares (x60) pueden estar en contacto directo con los primeros dispositivos generadores de campo magnético (x30) o pueden estar separadas del primer dispositivo generador de campo magnético (x30). La distancia (f) que se describe en este documento y que se muestra, por ejemplo, en la Fig. 1B y 1D, es decir, la distancia desde la superficie más baja del primer dispositivo generador de campo magnético (x30) que se describe en este documento y la superficie más elevada de la una o más piezas polares (x60) que se describe en el presente documento es preferentemente de aproximadamente 0 mm y aproximadamente 1 mm, más preferentemente aproximadamente 0 mm.

Una pieza de polo indica una estructura que comprende uno o más materiales magnéticos, es decir, materiales que tienen una baja coercividad y una alta permeabilidad  $\mu$ . Su coercividad es menor que  $1000 \text{ Am}^{-1}$  según la medición de acuerdo con IEC 60404-1:2000, para permitir una magnetización y desmagnetización rápida. Los materiales magnéticos blandos adecuados tienen una permeabilidad relativa máxima  $\mu_R \text{ máx.}$  de al menos 5, donde la permeabilidad relativa  $\mu_R$  es la permeabilidad del material  $\mu$  en relación con la permeabilidad del espacio libre  $\mu_0$  ( $\mu_R = \mu / \mu_0$ ) (Magnetic Materials, Fundamentals and Applications, 2nd Ed., Nicola A. Spaldin, p. 16-17, Cambridge University Press, 2011). Los materiales magnéticos blandos se describen, por ejemplo, en los siguientes libros: (1) Handbook of Condensed Matter and Materials Data, cap. 4.3.2, Soft Magnetic Materials, p. 758-793, y cap. 4.3.4, Magnetic Oxides, p. 811-813, Springer 2005; (2) Ferromagnetic Materials, Vol. 1, Iron, Cobalt and Nickel, p. 1-70, Elsevier 1999; (3) Ferromagnetic Materials, Vol. 2, cap. 2, Soft Magnetic Metallic Materials, p. 55-188, y cap. 3, Ferrites for non-microwave Applications, p. 189-241, Elsevier 1999; (4) Electric and Magnetic Properties of Metals, C. Moosbrugger, cap. 8, Magnetically Soft Materials, p. 196-209, ASM International, 2000; (5) Handbook of modern Ferromagnetic Materials, cap. 9, High-permeability High-frequency Metal Strip, p. 155-182, Kluwer Academic Publishers, 2002; y (6) Smithells Metals Reference Book, cap. 20.3, Magnetically Soft Materials, p. 20-9 - 20-16, Butterworth-Heinemann Ltd, 1992.

De acuerdo con una realización, la una o más piezas polares (x60) que se describen en este documento están hechas independientemente de uno o más materiales seleccionados del grupo que consiste en hierro, cobalto, níquel, aleaciones de níquel-molibdeno, aleaciones de níquel-hierro (materiales tipo permaleación o supermaleación), aleaciones de cobalto-hierro, aleaciones de cobalto-níquel, aleaciones de hierro-níquel-cobalto (materiales tipo Fernico), aleaciones tipo Heusler (tales como  $\text{Cu}_2\text{MnSn}$  o  $\text{Ni}_2\text{MnAl}$ ), aceros con bajo contenido de silicio, aceros con bajo contenido de carbono, hierros al silicio (aceros eléctricos), aleaciones de hierro y aluminio, aleaciones de hierro, aluminio y silicio, aleaciones de metales amorfos (por ejemplo, aleaciones como Metglas®, aleaciones de hierro y boro), materiales magnéticos blandos nanocrystalinos (por ejemplo, Vitroperm®) y combinaciones de estos, más preferentemente seleccionados del grupo que consiste en hierro, cobalto, níquel, aceros bajos en carbono, hierro al silicio, aleaciones de níquel-hierro y aleaciones de cobalto-hierro y combinaciones de los mismos. Preferentemente, la una o más piezas polares (x60) que se describen en este documento están elaboradas de hierro o de un material plástico en que están dispersas las partículas magnetizables. Preferentemente, la una o más piezas polares (x60) que se describen en este documento están hechas de hierro. Preferentemente, la una o más piezas polares (x60) que se describen en el presente documento son piezas polares (x60) independientemente en forma de disco, cuadradas o rectangulares .

Como se muestra en la Fig. 1B, 1D y 5A-9A, la una o más piezas polares (x60) que se describen en este documento están dispuestas debajo del primer dispositivo generador de campo magnético (x30) descrito en el presente documento; en otras palabras, durante el proceso para producir la capa con efecto óptico (OEL) que se describe en este documento, el substrato (x20) que porta la capa de recubrimiento (x10) comprende las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas está dispuesto encima del segundo dispositivo generador de campo magnético (x40), dicho segundo dispositivo generador de campo magnético (x40) está dispuesto encima del primer dispositivo generador de campo magnético (x30) y dicho primer dispositivo generador de campo magnético (x30) está dispuesto encima de la una o más piezas polares (x60). Preferentemente, el primer dispositivo generador de campo magnético (x30), el segundo dispositivo generador de campo magnético (x40) y la una o más piezas polares (x60) están sustancialmente centrados entre sí.

El conjunto magnético (x00) que se describe en este documento puede comprender además el cuarto dispositivo generador de campo magnético (x70) que comprende el cuarto imán dipolo (x71) que se describe en este documento, en donde dicho cuarto imán dipolo (x71) tiene su eje magnético sustancialmente perpendiculares al primer plano (P) (y sustancialmente perpendicular al substrato (x20)) y están dispuestos debajo del primer dispositivo generador de campo magnético (x30).

De acuerdo con una realización que se muestra, por ejemplo, en las Fig. 6A-9A, el cuarto imán dipolo (x71) del cuarto dispositivo generador de campo magnético (x70) que se describe en este documento tiene la misma dirección magnética del segundo imán dipolo (x41) del segundo dispositivo generador de campo magnético (x40). De acuerdo con otra realización que se muestra, por ejemplo, en la Fig. 5A, el cuarto imán dipolo (x71) del cuarto dispositivo generador de campo magnético (x70) que se describe en este documento tiene una dirección magnética opuesta que la dirección del segundo imán dipolo (x41) del segundo dispositivo generador de campo magnético (x40).

Como se muestra, por ejemplo, en la Fig. 1C, el cuarto imán dipolo (x71) del cuarto dispositivo generador de campo

magnético (x70) que se describe en este documento está debajo del primer dispositivo generador de campo magnético (x30) que se describe en este documento. Para realizaciones en donde el conjunto magnético (x00) que se describe en este documento comprende la una o más piezas polares (x60) que aquí se describen, y como se muestra en las Fig. 1D, 5A-9A, el cuarto imán dipolo (x71) descrito en el presente documento del cuarto dispositivo generador de campo magnético (x70) que aquí se describen está dispuesto debajo del primer dispositivo generador de campo magnético (x30) que se describe en este documento y debajo de la una o más piezas polares (x60). Preferentemente, el primer dispositivo generador de campo magnético (x30), el segundo dispositivo generador de campo magnético (x40), la una o más piezas polares (x60), cuando están presentes, y el cuarto dispositivo generador de campo magnético (x70), cuando está presente, están sustancialmente centrados entre sí.

La distancia (g) que se describe en este documento y que se muestra, por ejemplo, en la Fig. 1C, es decir, la distancia desde la superficie más baja del primer dispositivo generador de campo magnético (x30) que se describe en este documento y la superficie más elevada del cuarto dispositivo generador de campo magnético (x70) que se describe en el presente documento es preferentemente de aproximadamente 0 mm y aproximadamente 10 mm, más preferentemente entre aproximadamente 0 mm y aproximadamente 5 mm.

Para realizaciones en donde el conjunto magnético (x00) comprende una o más piezas polares (x60), la distancia (h) que se describe en este documento y que se muestra, por ejemplo, en la Fig. 1D, es decir, la distancia desde la superficie más baja de una o más piezas polares (x60) y la superficie más elevada del cuarto dispositivo generador de campo magnético (x70) que se describe en este documento es preferentemente de entre aproximadamente 0 mm y aproximadamente 10 mm, más preferentemente entre aproximadamente 0 mm y aproximadamente 5 mm.

Los primeros imanes dipolo (x31<sub>a1</sub>, x31<sub>a2</sub>, ...) del primer dispositivo generador de campo magnético (x30), el segundo imán dipolo (x41) del segundo dispositivo generador de campo magnético (x40), los uno o más terceros imanes dipolo opcionales (x51) del tercer dispositivo generador de campo magnético (x50), y los uno o más cuartos imanes dipolo opcionales (x71) del cuarto dispositivo generador de campo magnético (x70) se elaboran 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 energía (BH)<sub>máx.</sub> 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 elaborados preferentemente de uno o más materiales sinterizados o materiales magnéticos unidos a polímero seleccionados del grupo que consiste en Alnicos tal 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<sub>12</sub>O<sub>19</sub>, (por ejemplo, hexaferrita de estroncio (SrO<sup>6</sup>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) o hexaferrita de bario (BaO<sup>6</sup>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)), ferritas duras de la fórmula MFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (por ejemplo, como ferrita de cobalto (CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) o magnetita (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>)), en donde M es un ion metálico bivalente), cerámica 8 (SI-1-5); materiales magnéticos de tierras raras seleccionados del grupo que comprende RECos (con RE = Sm o Pr), RE<sub>2</sub>TM<sub>17</sub> (con RE = Sm, TM = Fe, Cu, Co, Zr, Hf), RE<sub>2</sub>TM<sub>14</sub>B (con RE = Nd, Pr, Dy, TM = Fe, Co); aleaciones anisotrópicas de Fe Cr Co; materiales seleccionados del grupo de PtCo, MnAlC, Cobalto 5/16 RE, Cobalto 14 RE. Preferentemente, los materiales de alta coercividad de las barras magnéticas se seleccionan de los grupos que consisten en materiales magnéticos de tierras raras, y más preferentemente del grupo que consiste en Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B y SmCos. Particularmente preferidos son materiales compuestos fácilmente trabajables que comprenden un relleno magnético permanente tal como hexaferrita de estroncio (SrFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub>) o polvo de neodimio-hierro-boro (Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B), en una matriz tipo plástica o de caucho.

El conjunto magnético (x00) que se describe en este documento puede comprender además una placa magnetizada (x80) que comprende uno o más relieves, grabados y/o recortes superficiales que representan uno o más indicios, en donde dicha placa magnetizada (x80) está dispuesta entre el substrato (x20) y el segundo dispositivo generador de campo magnético (x40) (véase la Fig. 1E). Tal como se utiliza en el presente documento, el término "indicios" significará diseños y patrones, incluidos, entre otros, símbolos, símbolos alfanuméricos, motivos, letras, palabras, números, logotipos y dibujos. Los uno o más relieves superficiales, grabados y/o cortes de la placa magnetizada (x80) llevan los indicios que se transfieren a la OEL en su estado no endurecido/no curado modificando localmente el campo magnético generado por el conjunto magnético (x00) que se describe en este documento. Ejemplos adecuados de placas magnetizadas (x80) que comprenden uno o más relieves superficiales, grabados y/o recortes descritos en este documento para la presente invención se pueden encontrar en los documentos WO 2005/002866 A1, WO 2008/046702 A1, WO 2008/139373 A1, WO 2018/019594 A1 y WO 2018/033512 A1.

Preferentemente, el primer dispositivo generador de campo magnético (x30), el segundo dispositivo generador de campo magnético (x40), el tercer dispositivo generador de campo magnético (x50) cuando está presente, la una o más piezas polares (x60), cuando están presentes, y el cuarto dispositivo generador de campo magnético (x70), cuando está presente, y la placa magnetizada (x80), cuando está presente, están sustancialmente centrados entre sí.

La placa magnetizada (x80) que comprende uno o más grabados y/o recortes que se describen en este documento puede estar hecha de cualquier material blando-magnético o duro-magnético mecánicamente trabajable. Los materiales blandos incluyen, sin limitación, los descritos anteriormente para una o más piezas de polo opcionales (x60). Los materiales magnéticos duros incluye, sin limitación, aquellos que se describieron anteriormente para los primeros imanes dipolo (x31<sub>a1</sub>, x31<sub>a2</sub>, ...) del primer dispositivo generador de campo magnético (x30), el segundo imán dipolo (x41) del segundo dispositivo generador de campo magnético (x40), los uno o más terceros imanes dipolo opcionales (x51) del tercer

dispositivo generador de campo magnético (x50), y los uno o más cuartos imanes dipolo opcionales (x71) del cuarto dispositivo generador de campo magnético (x70) del cuarto dispositivo generador de campo magnético.

- 5 Preferentemente, la placa magnetizada (x80) descrita en este documento es una placa unida con polímero de un material magnético blando o magnético duro, es decir, una placa magnetizada (x80) elaborada de un material compuesto que comprende un polímero. El polímero (por ejemplo, polímero tipo caucho o plástico) actúa como aglutinante estructural y el material en polvo magnético permanente actúa como extensor o relleno. Las placas magnetizadas hechas de un material compuesto que comprende un polímero y un material magnético permanente en polvo combinan ventajosamente las propiedades magnéticas deseables (alta coercitividad) de los imanes de ferrita, Alnico, tierras raras u otros, que de 10 otro modo serían quebradizos y poco manejables, con las propiedades mecánicas deseables (flexibilidad, maquinabilidad, resistencia a los golpes) de un metal maleable o un material plástico. Los polímeros preferidos incluyen materiales flexibles de tipo caucho tales como cauchos de nitrilo, cauchos de hidrocarburos EPDM, polisoprenos, poliamidas (PA), sulfuros de polifenileno (PPS) y polietilenos clorosulfonados.
- 15 Las placas hechas de un material compuesto que comprende un polímero y un polvo magnético permanente se pueden obtener de muchas orígenes diferentes, como del Grupo ARNOLD (Plastiform®) o de Materiali Magnetici, Albairate, Milano, IT (Plastoferrite).

20 La placa magnetizada (x80) que se describe en el presente documento, en particular la placa magnetizada (x80) hecha del material compuesto que comprende el polímero y el material magnético blando o el material magnético duro descrito en el este documento, puede obtenerse en cualquier tamaño y forma deseados, por ejemplo, como placas delgadas y flexibles que pueden doblarse y trabajarse mecánicamente, por ejemplo, cortarse a su tamaño o forma, utilizando las 25 herramientas y máquinas de ablación mecánica disponibles habitualmente, así como herramientas de ablación por chorro de aire o de líquido, o herramientas de ablación por láser.

25 Los uno o más grabados y/o recortes superficiales de la placa imantada (x80) descrita en este documento, en particular la placa imantada (x80) hecha del material compuesto que comprende el polímero y el material magnético blando o material magnético duro descrito en el presente documento, puede producirse mediante cualquier método de corte, grabado o formación conocido en la técnica, incluidos, sin limitación, herramientas de fundición, moldeado, grabado 30 manual o ablación seleccionadas del grupo que consiste en herramientas mecánicas de ablación (incluidas las herramientas de grabado controladas por computadora), herramientas de ablación gaseosa o por chorro de líquido, por grabado químico, grabado electroquímico y herramientas de ablación láser (por ejemplo, CO<sub>2</sub>, Nd-YAG o láseres excimeros). Tal como entiende el experto y como se describe en este documento, la placa magnetizada (x80) descrita en el presente documento, en particular la placa magnetizada (x80) hecha del material compuesto que comprende el polímero y el material magnético blando o el material magnético duro descrito aquí, también se puede cortar o moldear a un tamaño 35 y forma particulares, en lugar de grabarse. Se le pueden hacer orificios o ensamblar piezas recortadas sobre un soporte.

40 Los uno o más grabados y recortes de la placa magnetizada (x80), en particular la placa magnetizada (x80) hecha del material compuesto que comprende el polímero y el material magnético blando o el material magnético duro descritos en este documento, pueden rellenarse con un polímero, que puede contener rellenos. Para realizaciones en donde la placa magnetizada (x80) está elaborada de un material magnético duro, dicho relleno puede ser un material magnético blando, para modificar el flujo magnético en los lugares de uno o más grabados/recortes, o puede ser cualquier otro tipo de material magnético o no magnético, con el fin de modificar las propiedades del campo magnético, o simplemente para producir una superficie lisa. La placa magnetizada (x80), en particular, la placa magnetizada (x80) elaborada de material compuesto que comprende el polímero y el material el material magnético blando o el material magnético duro descrito en este 45 documento puede tratarse superficialmente además para facilitar el contacto con el substrato, reducir la fricción y/o el desgaste y/o la carga electrostática en una aplicación de impresión de alta velocidad.

50 La distancia (j) que se describe en este documento y que se muestra, por ejemplo, en la Fig. 1E, es decir, la distancia de la superficie más elevada de la placa magnetizada (x80) y la superficie más baja del substrato (x20) que se describe en este documento está preferentemente entre aproximadamente 0 mm y aproximadamente 5, preferentemente entre aproximadamente 0 mm y aproximadamente 1 mm e incluso más preferentemente entre aproximadamente 0 mm.

55 Los materiales de los primeros imanes dipolo (x31<sub>a1</sub>, x31<sub>a2</sub>, ...) del primer dispositivo generador de campo magnético (x30), de los segundos imanes dipolo (x41) del segundo dispositivo generador de campo magnético (x40), del uno o más terceros imanes dipolo (x51) del tercer dispositivo generador de campo magnético (x50), de la una o más piezas polares opcionales (x60), del cuarto imán dipolo opcional (x71) del cuarto dispositivo generador de campo magnético (x70), y de la placa magnetizada opcional (x80), así como las distancias (d), (e), (f), (g), (h) y (j) se seleccionan de forma que el campo magnético resulta de la interacción del campo magnético producido por el primer y el segundo dispositivos generadores de campo magnético (x30 y x40), el tercer dispositivo generador de campo magnético (x50), cuando está presente, la una o más piezas polares (x60), cuando están presentes, el cuarto imán dipolo (x71) del cuarto dispositivo generador de campo magnético (x70), cuando está presente, y la placa magnetizada (x80), cuando está presente, del conjunto magnético (x00) es adecuado para producir las capas con efecto óptico (OEL) que se describen en este documento. El campo magnético producido por el primer y segundo dispositivos generadores de campo magnético (x30 y x40) del conjunto magnético (x00) interactúa de forma que el campo magnético resultante de dicho conjunto magnético (x00) es 60 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 substrato (x20), que se disponen en el campo magnético del conjunto magnético (x00) para producir la impresión óptica de un cuerpo en forma de bucle rodeado por uno o más cuerpos con forma de bucle, en donde dichos uno o más uno o más cuerpos en forma de bucle tienen su forma y/o su brillo que varía al inclinar la capa con efecto óptico (OEL)).

5

Las Fig. 2A-C ilustran un ejemplo de conjunto magnético (200) adecuado para producir capas con efecto óptico (OEL) que comprenden partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas sobre un substrato (220) de acuerdo con la presente invención.

10 El conjunto magnético (200) comprende un primer dispositivo generador de campo magnético (230) que comprende tres o más, en particular tres, primeros imanes dipolo (231<sub>a1</sub>, 231<sub>a2</sub>, 231<sub>a3</sub>) incorporados en una matriz de soporte con forma cuadrada (233) y un segundo dispositivo generador de campo magnético (240) que comprende un segundo imán dipolo (241), en donde el segundo dispositivo generador de campo magnético (240) está dispuesto por encima del primer dispositivo generador de campo magnético (230).

15

Como se muestra en la Fig. 2B, los tres primeros imanes dipolo (231<sub>a1</sub>, 231<sub>a2</sub>, 231<sub>a3</sub>) están dispuestos de forma que cada uno de sus centros (C<sub>231-a1</sub>, C<sub>231-a2</sub> y C<sub>231-a3</sub>) está dispuesto en un bucle, en particular un anillo, (232) en el plano (P) que es sustancialmente paralelo al substrato (220). La proyección del centro del segundo imán dipolo (241) en el plano (P) está localizada en el punto de proyección (C<sub>241</sub>) y está dispuesta simétricamente dentro del anillo (232), es decir, el punto de proyección (C<sub>241</sub>) también corresponde al centro del anillo (232). Los tres primeros imanes dipolo (231<sub>a1</sub>, 231<sub>a2</sub>, 231<sub>a3</sub>) están distribuidos de manera uniforme alrededor del punto de proyección (C<sub>241</sub>) del centro del segundo imán dipolo (241).

20 Los tres primeros imanes dipolo (231<sub>a1</sub>, 231<sub>a2</sub>, 231<sub>a3</sub>) del primer dispositivo generador de campo magnético (230) tienen sus ejes sustancialmente paralelos al plano (P), sustancialmente paralelo al substrato (220) y sustancialmente perpendicular al eje magnético del segundo imán dipolo (241) del segundo dispositivo generador de campo magnético (240).

25 Los tres ángulos  $\alpha_{1/2/3}$  formados respectivamente por i) los vectores  $\overrightarrow{C_{241}C_{231-a1}}$ ,  $\overrightarrow{C_{241}C_{231-a2}}$ ,  $\overrightarrow{C_{241}C_{231-a3}}$  (es decir, los vectores entre el punto de proyección (C<sub>241</sub>) y el centro (C<sub>231-a1</sub>, C<sub>231-a2</sub> y C<sub>231-a3</sub>) de cada primer imán dipolo

30 ) (es decir, los vectores entre el punto de proyección (C<sub>241</sub>) y el centro (C<sub>231-a1</sub>, C<sub>231-a2</sub> y C<sub>231-a3</sub>) de cada primer imán dipolo del primer dispositivo generador de campo magnético (230)) y ii) los vectores  $\overrightarrow{h_{231-a1}}$ ,  $\overrightarrow{h_{231-a2}}$ ,  $\overrightarrow{h_{231-a3}}$ , cuando se miden en una dirección en sentido contrario a las manecillas del reloj, son iguales entre sí, dichos ángulos  $\alpha_{1/2/3}$  son de 90°, es decir, los tres primeros imanes dipolo (231<sub>a1</sub>, 231<sub>a2</sub>, 231<sub>a3</sub>) tienen sus ejes magnéticos sustancialmente tangenciales al anillo (232) en la posición de su respectivo centro (C<sub>231-a1</sub>, C<sub>231-a2</sub> y C<sub>231-a3</sub>).

35 Los tres ángulos  $\beta$  formados respectivamente por los vectores  $\overrightarrow{C_{241}C_{231-a1}}$  (que corresponden a la línea recta del punto de proyección (C<sub>241</sub>) al centro C<sub>231-a1</sub> del primer imán dipolo cúbico (231<sub>a1</sub>)) y  $\overrightarrow{C_{241}C_{231-a2}}$ ; los vectores  $\overrightarrow{C_{241}C_{231-a2}}$  y  $\overrightarrow{C_{241}C_{231-a3}}$ ; y los vectores  $\overrightarrow{C_{241}C_{231-a3}}$  y  $\overrightarrow{C_{241}C_{231-a1}}$  son iguales entre sí, en particular 120°.

40 El centro del primer dispositivo generador de campo magnético (230), es decir, el centro de la matriz de soporte con forma cuadrada (233), y el centro del segundo dispositivo generador de campo magnético (240), es decir, el centro del segundo imán dipolo (241), están sustancialmente centrados entre sí y están sustancialmente centrados con respecto al punto de proyección (C<sub>241</sub>) del centro del imán dipolo cilíndrico (241).

45 Las distancias Y entre el punto de proyección (C<sub>241</sub>) del centro del segundo imán dipolo (241) y el centro (C<sub>231-a1</sub>, C<sub>231-a2</sub> y C<sub>231-a3</sub>) de cada uno de dichos tres primeros imanes dipolo (231<sub>a1</sub>, 231<sub>a2</sub>, 231<sub>a3</sub>) son iguales entre sí.

50 El segundo imán dipolo (241) tiene su eje magnético sustancialmente perpendicular al plano (P) y sustancialmente perpendicular al substrato (220) con su polo norte apuntando (es decir, orientando) hacia el substrato (220). El segundo imán dipolo (241) está dispuesto en contacto directo y por encima de la matriz de soporte (233).

55

La distancia (d) de la superficie más elevada del primer dispositivo generador de campo magnético (230), es decir, la superficie más elevada de los tres imanes dipolo (231<sub>a1</sub>, 231<sub>a2</sub>, 231<sub>a3</sub>), y la superficie más baja del segundo imán dipolo (241) es igual o menor que el espesor (Z) del segundo imán dipolo (241). En particular, la segunda distancia (d) es preferentemente de entre aproximadamente 0 mm y aproximadamente 5 mm, más preferentemente entre aproximadamente 0 mm y aproximadamente 0 mm e incluso más preferentemente aproximadamente 0 mm.

60

La distancia (e) de la superficie más elevada del segundo dispositivo generador de campo magnético (240) que se describe en este documento, es decir, la superficie más elevada del segundo imán dipolo (241), y la superficie más baja del substrato (220) que orienta dicho segundo dispositivo generador de campo magnético (240) es preferentemente de entre aproximadamente 0 mm y aproximadamente 10 mm, más preferentemente entre aproximadamente 0 mm y aproximadamente 5 mm e incluso más preferentemente entre aproximadamente 0 mm y aproximadamente 1 mm.

La OEL resultante producida con el conjunto magnético (200) ilustrada en las Fig. 2A-B se muestra en la Fig. 2C en diferentes ángulos de visión al inclinar el substrato (220) entre -20° y +20°. La OEL así obtenida proporciona la impresión

óptica de un anillo rodeado por tres cuerpos en forma de bucle cuya forma y brillo varían al inclinar la capa con efecto óptico (OEL).

5 Las Fig. 3A-C ilustran un ejemplo de conjunto magnético (300) adecuado para producir capas con efecto óptico (OEL) que comprenden partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas sobre un substrato (320) de acuerdo con la presente invención.

10 El conjunto magnético (300) comprende un primer dispositivo generador de campo magnético (330) que comprende tres o más, en particular seis, primeros imanes dipolo (331<sub>a1</sub>, ..., 331<sub>a6</sub>) incorporados en una matriz con forma cuadrada (333), un segundo dispositivo generador de campo magnético (340) que comprende un segundo imán dipolo (341) y un tercer dispositivo generador de campo magnético (350) que comprende uno o más, en particular seis, terceros imanes dipolo (351) incorporados en la matriz con forma cuadrada (333), en donde el segundo dispositivo generador de campo magnético (340) está dispuesto por encima del primer dispositivo generador de campo magnético (330).

15 Como se muestra en la Fig. 3B, los seis primeros imanes dipolo (331<sub>a1</sub>, ..., 331<sub>a6</sub>) están dispuestos de forma que cada uno de sus centros (C<sub>331-a1</sub>, ..., C<sub>331-a6</sub>) está dispuesto en un bucle (332), en particular un anillo, en el plano (P) que es sustancialmente paralelo al substrato (320). La proyección del centro del segundo imán dipolo (341) en el plano (P) está localizada en el punto de proyección (C<sub>341</sub>) y está dispuesta simétricamente dentro del anillo (332), es decir, el punto de proyección (C<sub>341</sub>) también corresponde al centro del anillo (332). Los seis primeros imanes dipolo (331<sub>a1</sub>, ..., 331<sub>a6</sub>) están 20 distribuidos de manera uniforme alrededor del punto de proyección (C<sub>341</sub>) del centro del segundo imán dipolo (341).

25 Los seis primeros imanes dipolo (331<sub>a1</sub>, ..., 331<sub>a6</sub>) del primer dispositivo generador de campo magnético (330) tienen sus ejes magnéticos sustancialmente paralelos al plano (P), sustancialmente paralelos al substrato (320) y sustancialmente perpendiculares al eje magnético del segundo imán dipolo (341) del segundo dispositivo generador de campo magnético (340).

30 Los seis ángulos  $\alpha_{1-6}$  formados respectivamente por i) los vectores  $\overrightarrow{C_{341}C_{331-a1}}$  ( $C_{341}\overrightarrow{C_{331-a1}}, \dots, \overrightarrow{C_{341}C_{331-a6}}$ ) (es decir, los vectores entre el punto de proyección (C<sub>341</sub>) y el centro (C<sub>331-a1</sub>, ..., C<sub>331-a6</sub>) de cada imán dipolo respectivo del primer dispositivo generador de campo magnético (330)) y ii) los vectores  $\overrightarrow{h_{331-a1}} (h_{331-a1}, \dots, h_{331-a6})$ , cuando se miden en una dirección en sentido contrario a las manecillas del reloj, son iguales entre sí, dichos ángulos  $\alpha_{1-6}$  son de 90°, es decir, los seis primeros imanes dipolo (331<sub>a1</sub>, ..., 331<sub>a6</sub>) tienen sus ejes magnéticos sustancialmente tangenciales al anillo (332) en la posición de su respectivo centro (C<sub>331-a1</sub>, ..., C<sub>331-a6</sub>).

35 Los seis ángulos  $\beta$  formados respectivamente por los vectores  $\overrightarrow{C_{341}C_{331-a1}}$  (que corresponden a la línea recta del punto de proyección (C<sub>341</sub>) al centro C<sub>331-a1</sub> del primer imán dipolo cilíndrico (331<sub>a1</sub>)) y  $\overrightarrow{C_{341}C_{331-a2}}$ ; los vectores  $\overrightarrow{C_{341}C_{331-a2}}$  y  $\overrightarrow{C_{341}C_{331-a3}}$ ; los vectores  $\overrightarrow{C_{341}C_{331-a3}}$  y  $\overrightarrow{C_{341}C_{331-a4}}$ ; los vectores  $\overrightarrow{C_{341}C_{331-a4}}$  y  $\overrightarrow{C_{341}C_{331-a5}}$ ; los vectores  $\overrightarrow{C_{341}C_{331-a5}}$  y  $\overrightarrow{C_{341}C_{331-a6}}$ ; y los vectores  $\overrightarrow{C_{341}C_{331-a6}}$  y  $\overrightarrow{C_{341}C_{331-a1}}$  son iguales entre sí, en particular 60°.

40 Las distancias Y entre el punto de proyección (C<sub>341</sub>) del centro del segundo imán dipolo (341) y el centro (C<sub>331-a1</sub>, ..., C<sub>331-a6</sub>) de cada uno de dichos seis primeros imanes dipolo (331<sub>a1</sub>, ..., 331<sub>a6</sub>) son iguales entre sí.

45 El segundo imán dipolo (341) tiene su eje magnético sustancialmente perpendicular al plano (P) y sustancialmente perpendicular al substrato (320) con su polo norte apuntando (es decir, orientando) hacia el substrato (320). El segundo imán dipolo (341) está dispuesto en contacto directo y por encima de la matriz de soporte (333).

50 La distancia (d) de la superficie más elevada del primer dispositivo generador de campo magnético (330), es decir, la superficie más elevada de los seis primeros imanes dipolo (331<sub>a1</sub>, ..., 331<sub>a6</sub>), y la superficie más baja del segundo imán dipolo (341) que se describe en este documento, es decir, la superficie más baja del segundo imán dipolo (341) es igual o menor que el espesor (Z) del segundo imán dipolo (341). En particular, la segunda distancia (d) es preferentemente de entre aproximadamente 0 mm y aproximadamente 5 mm, más preferentemente entre aproximadamente 0 mm y aproximadamente 1 mm e incluso más preferentemente aproximadamente 0 mm.

55 Como se muestra en la Fig. 3B, los seis primeros imanes dipolo (351) del tercer dispositivo generador de campo magnético (350) están dispuestos de forma que cada uno de sus centros está dispuesto en el bucle, en particular, el anillo (332) en el plano (P) que es sustancialmente paralelo al substrato (320). Los seis terceros imanes dipolo (351) del tercer dispositivo generador de campo magnético (350) tiene sus ejes magnéticos sustancialmente perpendiculares al plano (P), sustancialmente perpendiculares al substrato (320), sustancialmente perpendiculares a los ejes magnéticos de los seis primeros imanes dipolo (331<sub>a1</sub>, ..., 331<sub>a6</sub>) del primer dispositivo generador de campo magnético (330) y sustancialmente paralelos al eje magnético del segundo imán dipolo (341) del segundo dispositivo generador de campo magnético (340) 60 con el polo norte apuntando (es decir, orientando) hacia el substrato (320). Los ángulos y formados respectivamente por los vectores  $\overrightarrow{C_{341}C_{331-ax}}$  ( $x = 1-6$ ) (que corresponden a las líneas rectas del punto de proyección (C<sub>341</sub>) al centro C<sub>331-ax</sub> de un primer imán dipolo (331<sub>ax</sub>)) y  $\overrightarrow{C_{341}C_{351}}$  (que corresponde a las líneas rectas del punto de proyección (C<sub>341</sub>) al centro de un tercer imán dipolo cilíndrico adyacente (351)) son iguales entre sí, dicho valor es de 30°.

Las distancias entre el punto de proyección ( $C_{341}$ ) del centro del segundo imán dipolo (341) y el centro ( $C_{351}$ ) de los seis terceros imanes dipolo (351) del tercer dispositivo generador de campo magnético (350) son iguales entre sí y son iguales a las distancias Y descritas anteriormente.

5 La distancia (e) de la superficie más elevada del segundo dispositivo generador de campo magnético (340) que se describe en este documento, es decir, la superficie más elevada del segundo imán dipolo (341), y la superficie más baja del substrato (320) que orienta dicho segundo dispositivo generador de campo magnético (340) es preferentemente de entre aproximadamente 0 mm y aproximadamente 10 mm, más preferentemente entre aproximadamente 0 mm y 10 mm aproximadamente 5 mm e incluso más preferentemente entre aproximadamente 0 mm y aproximadamente 1 mm.

La OEL resultante producida con el conjunto magnético (300) ilustrada en las Fig. 3A-B se muestra en la Fig. 3C en diferentes ángulos de visión al inclinar el substrato (320) entre -20° y +20°. La OEL así obtenida proporciona la impresión óptica de un anillo rodeado por seis cuerpos en forma de bucle cuya forma y brillo varían al inclinar la capa con efecto óptico (OEL).

15 Las Fig. 4A-C ilustran un ejemplo de conjunto magnético (400) adecuado para producir capas con efecto óptico (OEL) que comprenden partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas sobre un substrato (420) de acuerdo con la presente invención.

20 El conjunto magnético (400) comprende un primer dispositivo generador de campo magnético (430) que comprende tres o más, en particular ocho, primeros imanes dipolo ( $431_{a1}, \dots, 431_{a8}$ ) incorporados en una matriz con forma cuadrada (433), un segundo dispositivo generador de campo magnético (440) que comprende un segundo imán dipolo (441) y un tercer dispositivo generador de campo magnético (450) que comprende uno o más, en particular cuatro, terceros imanes dipolo (451) incorporados en la matriz con forma cuadrada (433), en donde el segundo dispositivo generador de campo magnético (440) está dispuesto por encima del primer dispositivo generador de campo magnético (430).

25 Como se muestra en la Fig. 4B, los ocho primeros imanes dipolo ( $431_{a1}, \dots, 431_{a8}$ ) están dispuestos de forma que cada uno de sus centros ( $C_{431-a1}, \dots, C_{431-a8}$ ) está dispuesto en un bucle, en el plano (P) que es sustancialmente paralelo al substrato (420). La proyección del centro del segundo imán dipolo (441) en el plano (P) está localizada en el punto de proyección ( $C_{441}$ ) y está dispuesta simétricamente dentro del anillo (432), es decir, el punto de proyección ( $C_{441}$ ) también corresponde al centro del anillo (432). Los ocho primeros imanes dipolo ( $431_{a1}, \dots, 431_{a8}$ ) están distribuidos alrededor del punto de proyección ( $C_{441}$ ) del centro del segundo imán dipolo (441).

30 35 Los ocho primeros imanes dipolo ( $431_{a1}, \dots, 431_{a8}$ ) del primer dispositivo generador de campo magnético (430) tienen sus ejes sustancialmente paralelos al plano (P), sustancialmente paralelo al substrato (420) y sustancialmente perpendicular al eje magnético del segundo imán dipolo (441) del segundo dispositivo generador de campo magnético (440).

40 Cuatro juegos de dos primeros imanes dipolo ( $431_{a1/a2}; 431_{a3/a4}; 431_{a5/a6}; 431_{a7/a8}$ ) del primer dispositivo generador de campo magnético (430) y un tercer imán dipolo (451) del tercer dispositivo generador de campo magnético (450) están dispuestos en el cuerpo con forma de anillo (432) de una forma alternante.

45 Los ocho ángulos  $\alpha_{1-8}$  formados respectivamente por i) los vectores  $\overrightarrow{C_{441}C_{431-a1}}$  ( $C_{441}\overrightarrow{C_{431-a1}}, \dots, \overrightarrow{C_{441}C_{431-a8}}$ ) (es decir, los vectores entre el punto de proyección ( $C_{441}$ ) y el centro ( $C_{431-a1}, \dots, C_{431-a8}$ ) de cada imán dipolo respectivo del primer dispositivo generador de campo magnético (430)) y ii) los vectores  $\overrightarrow{h_{431-a1}} (h_{431-a1}, \dots, \overrightarrow{h_{431-a8}})$ , cuando se miden en una dirección en sentido contrario a las manecillas del reloj, son iguales entre sí, dichos ángulos  $\alpha_{1-8}$  son de 90°, es decir, los ocho primeros imanes dipolo ( $431_{a1}, \dots, 431_{a8}$ ) tienen sus ejes magnéticos sustancialmente tangenciales al anillo (432) en la posición de su respectivo centro ( $C_{431-a1}, \dots, C_{431-a8}$ ).

50 55 60 Los ocho primeros imanes dipolo ( $431_{a1}, \dots, 431_{a8}$ ) están distribuidos alrededor del punto de proyección ( $C_{441}$ ) del centro del segundo imán dipolo (441).

Los cuatro ángulos  $\beta_1$  formados respectivamente por los vectores  $\overrightarrow{C_{441}C_{431-a1}}$  (que corresponden a la línea recta del punto de proyección ( $C_{441}$ ) al centro  $C_{431-a1}$  del primer imán dipolo cilíndrico ( $431_{a1}$ )) y  $\overrightarrow{C_{441}C_{431-a2}}$ ; los vectores  $\overrightarrow{C_{441}C_{431-a3}}$  y  $\overrightarrow{C_{341}C_{331-a4}}$ ; los vectores  $\overrightarrow{C_{441}C_{431-a5}}$  y  $\overrightarrow{C_{441}C_{431-a6}}$ ; y los vectores  $\overrightarrow{C_{441}C_{431-a7}}$  y  $\overrightarrow{C_{441}C_{431-a8}}$  son iguales entre sí, en particular 30°. Los cuatro ángulos  $\beta_2$  formados respectivamente por los vectores  $\overrightarrow{C_{441}C_{431-a2}}$  (que corresponden a la línea recta del punto de proyección ( $C_{441}$ ) al centro  $C_{431-a2}$  del primer imán dipolo cilíndrico ( $431_{a2}$ )) y  $\overrightarrow{C_{441}C_{431-a3}}$ ; los vectores  $\overrightarrow{C_{441}C_{431-a4}}$  y  $\overrightarrow{C_{441}C_{431-a5}}$ ; los vectores  $\overrightarrow{C_{441}C_{431-a6}}$  y  $\overrightarrow{C_{441}C_{431-a7}}$ ; y los vectores  $\overrightarrow{C_{441}C_{431-a8}}$  y  $\overrightarrow{C_{441}C_{431-a1}}$  son iguales entre sí, en particular 60°.

El centro del primer dispositivo generador de campo magnético (430), es decir, el centro de la matriz de soporte con forma cuadrada (433), y el centro del segundo dispositivo generador de campo magnético (440), es decir, el centro del segundo imán dipolo (441), están sustancialmente centrados entre sí y están sustancialmente centrados con respecto al punto de

proyección ( $C_{441}$ ) del centro del imán dipolo cilíndrico (441).

Las distancias Y entre el punto de proyección ( $C_{441}$ ) del centro del segundo imán dipolo (441) y el centro ( $C_{431-a1}, \dots, C_{431-a8}$ ) de cada uno de dichos ocho primeros imanes dipolo ( $431_{a1}, \dots, 431_{a8}$ ) son iguales entre sí.

5 El segundo imán dipolo (441) tiene su eje magnético sustancialmente perpendicular al plano (P) y sustancialmente perpendicular al substrato (420) con su polo norte apuntando (es decir, orientando) hacia el substrato (420). El segundo imán dipolo (441) está dispuesto en contacto directo y por encima de la matriz de soporte (433).

10 La distancia (d) de la superficie más elevada del primer dispositivo generador de campo magnético (430), es decir, la superficie más elevada de los ocho primeros imanes dipolo ( $431_{a1}, \dots, 431_{a8}$ ), y la superficie más baja del segundo dispositivo generador de campo magnético (440), es decir, la superficie más baja del segundo imán dipolo (441) es igual o menor que el espesor (Z) del segundo imán dipolo (341). En particular, la segunda distancia (d) es preferentemente de entre aproximadamente 0 mm y aproximadamente 5 mm, más preferentemente entre aproximadamente 0 mm y 15 aproximadamente 1 mm e incluso más preferentemente aproximadamente 0 mm.

Como se muestra en la Fig. 4B, los cuatro terceros imanes dipolo (451) del tercer dispositivo generador de campo magnético (450) están dispuestos de forma que cada uno de sus centros está dispuesto en el bucle, en particular, el anillo (332) en el plano (P) que es sustancialmente paralelo al substrato (420). Los cuatro terceros imanes dipolo (451) del tercer dispositivo generador de campo magnético (450) tienen sus ejes magnéticos sustancialmente perpendiculares al plano (P), sustancialmente perpendiculares al substrato (420), sustancialmente perpendiculares a los ejes magnéticos de los ocho primeros imanes dipolo ( $431_{a1}, \dots, 431_{a8}$ ) del primer dispositivo generador de campo magnético (430) y sustancialmente paralelos al eje magnético del segundo imán dipolo (441) del segundo dispositivo generador de campo magnético (440) con el polo norte apuntando (es decir, orientando) hacia el substrato (420). Los ángulos y formados respectivamente por 20 los vectores  $\overrightarrow{C_{441}C_{431-ax}}$  ( $x = 1-6$ ) (que corresponden a la línea recta del punto de proyección ( $C_{441}$ ) al centro  $C_{431-ax}$  de un primer imán dipolo ( $431_{ax}$ )) y  $\overrightarrow{C_{441}C_{451}}$  (que corresponde a las líneas rectas del punto de proyección ( $C_{441}$ ) al centro de un tercero 25 imán dipolo cilíndrico adyacente (451)) son iguales entre sí, dicho valor es de  $30^\circ$ .

30 Las distancias entre el punto de proyección ( $C_{441}$ ) del centro del segundo imán dipolo (441) y el centro ( $C_{451}$ ) de los cuatro terceros imanes dipolo (451) del tercer dispositivo generador de campo magnético (450) son iguales entre sí y son iguales a las distancias Y descritas anteriormente.

35 La distancia (e) de la superficie más elevada del segundo dispositivo generador de campo magnético (440) que se describe en este documento, es decir, la superficie más elevada del segundo imán dipolo (441), y la superficie más baja del substrato (420) que orienta dicho segundo dispositivo generador de campo magnético (440) es preferentemente de entre aproximadamente 0 mm y aproximadamente 10 mm, más preferentemente entre aproximadamente 0 mm y 40 aproximadamente 5 mm e incluso más preferentemente entre aproximadamente 0 mm y aproximadamente 1 mm.

La OEL resultante producida con el conjunto magnético (400) ilustrada en las Fig. 4A-B se muestra en la Fig. 4C en diferentes ángulos de visión al inclinar el substrato (420) entre  $-20^\circ$  y  $+20^\circ$ . La OEL así obtenida proporciona la impresión óptica de un anillo rodeado por cuatro cuerpos en forma de bucle cuya forma y brillo varían al inclinar la capa con efecto óptico (OEL).

45 Las Fig. 5A-C ilustran un ejemplo de conjunto magnético (500) adecuado para producir capas con efecto óptico (OEL) que comprenden partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas sobre un substrato (520) de acuerdo con la presente invención.

El conjunto magnético (500) comprende un primer dispositivo generador de campo magnético (530) que comprende tres o más, en particular nueve, primeros imanes dipolo ( $531_{a1}, \dots, 531_{a9}$ ) incorporados en una matriz con forma cuadrada (533), un segundo dispositivo generador de campo magnético (540) que comprende un segundo imán dipolo (541) y un tercero 50 dispositivo generador de campo magnético (550) que comprende uno o más, en particular tres, terceros imanes dipolo (551) incorporados en la matriz con forma cuadrada (533), en donde el segundo dispositivo generador de campo magnético (540) está dispuesto por encima del primer dispositivo generador de campo magnético (530). El conjunto magnético (500) comprende además una pieza polar con forma cuadrada (560) y un cuarto dispositivo generador de campo magnético (570) que comprende un cuarto imán dipolo con forma de disco (571), en donde el primer dispositivo generador de campo magnético (530) está dispuesto por encima de la pieza polar con forma cuadrada (560) y la pieza polar con forma cuadrada (560) está dispuesta por encima del cuarto dispositivo generador de campo magnético (570).

55 Como se muestra en la Fig. 5B, los nueve primeros imanes dipolo ( $531_{a1}, \dots, 531_{a9}$ ) están dispuestos de forma que cada uno de sus centros ( $C_{531-a1}, \dots, C_{531-a9}$ ) está dispuesto en un bucle (532), en particular un anillo, en el plano (P) que es sustancialmente paralelo al substrato (520). La proyección del centro del segundo imán dipolo (541) en el plano (P) está localizada en el punto de proyección ( $C_{541}$ ) y está dispuesta simétricamente dentro del anillo (532), es decir, el punto de proyección ( $C_{541}$ ) también corresponde al centro del anillo (532).

60 65 Los nueve primeros imanes dipolo ( $531_{a1}, \dots, 531_{a9}$ ) del primer dispositivo generador de campo magnético (530) tienen

sus ejes sustancialmente paralelos al plano (P), sustancialmente paralelos al substrato (520) y sustancialmente perpendiculares al eje magnético del segundo imán dipolo (541) del segundo dispositivo generador de campo magnético (540).

- 5 Tres juegos de tres primeros imanes dipolo  $531_{a1/a2/a3}$ ;  $531_{a4/a5/a6}$ ;  $531_{a7/a8/a9}$ ) del primer dispositivo generador de campo magnético (530) y un tercer imán dipolo (551) del tercer dispositivo generador de campo magnético (550) están dispuestos en el anillo (532) de una forma alterna.

Los nueve primeros imanes dipolo ( $531_{a1}, \dots, 531_{a9}$ ) están distribuidos alrededor del punto de proyección ( $C_{541}$ ) del centro 10 del segundo imán dipolo (541). Los nueve ángulos  $\alpha_{1-9}$  formados respectivamente por i) los vectores  $\overrightarrow{C_{541}C_{531-a1}}$ , ...,  $\overrightarrow{C_{541}C_{531-a9}}$  (es decir, los vectores entre el punto de proyección ( $C_{541}$ ) y el centro ( $C_{531-a1}, \dots, C_{531-a9}$ ) de cada imán dipolo respectivo del primer dispositivo generador de campo magnético (530)) y ii) los vectores  $\overrightarrow{h_{531-a1}} (\overrightarrow{h_{531-a1}}, \dots, \overrightarrow{h_{531-a8}})$ , cuando se miden en una dirección en sentido contrario a las manecillas del reloj, son iguales entre sí, dichos ángulos  $\alpha_{1-9}$  son de  $90^\circ$ , es decir, los ocho primeros imanes dipolo ( $531_{a1}, \dots, 531_{a9}$ ) tienen sus ejes magnéticos sustancialmente tangenciales al anillo (532) en la posición de su respectivo centro ( $C_{531-a1}, \dots, C_{531-a9}$ ).

15 Los seis ángulos  $\beta_1$  formados respectivamente por los vectores  $\overrightarrow{C_{541}C_{531-a1}}$  (que corresponden a la línea recta del punto de proyección ( $C_{541}$ ) al centro  $C_{531-a1}$  del primer imán dipolo cilíndrico ( $531_{a1}$ )) y  $\overrightarrow{C_{541}C_{531-a2}}$ ; los vectores  $\overrightarrow{C_{541}C_{531-a2}}$  y  $\overrightarrow{C_{541}C_{531-a3}}$ ; los vectores  $\overrightarrow{C_{541}C_{531-a4}}$  y  $\overrightarrow{C_{541}C_{531-a5}}$ ; los vectores  $\overrightarrow{C_{541}C_{531-a5}}$  y  $\overrightarrow{C_{541}C_{551-a6}}$ ; los vectores  $\overrightarrow{C_{541}C_{531-a7}}$  y  $\overrightarrow{C_{541}C_{551-a8}}$ ; y los vectores  $\overrightarrow{C_{541}C_{531-a8}}$  y  $\overrightarrow{C_{541}C_{551-a9}}$  son iguales entre sí, en particular  $30^\circ$ . Los tres ángulos  $\beta_2$  formados respectivamente por los vectores  $\overrightarrow{C_{541}C_{531-a3}}$  (que corresponden a la línea recta del punto de proyección ( $C_{441}$ ) al centro  $C_{431-a3}$  del primer imán dipolo cúbico ( $531_{a1}$ )) y  $\overrightarrow{C_{541}C_{531-a4}}$ ; los vectores  $\overrightarrow{C_{541}C_{531-a6}}$  y  $\overrightarrow{C_{541}C_{531-a7}}$ ; y los vectores  $\overrightarrow{C_{541}C_{531-a9}}$  y  $\overrightarrow{C_{541}C_{531-a1}}$  son iguales entre sí, en particular  $60^\circ$ .

25 Las distancias Y entre el punto de proyección ( $C_{541}$ ) del centro del segundo imán dipolo (541) y el centro ( $C_{531-a1}, \dots, C_{531-a9}$ ) de cada uno de dichos nueve primeros imanes dipolo ( $531_{a1}, \dots, 531_{a9}$ ) son iguales entre sí.

El segundo imán dipolo (541) tiene su eje magnético sustancialmente perpendicular al plano (P) y sustancialmente perpendicular al substrato (520) con su polo norte apuntando (es decir, orientando) hacia el substrato (520). El segundo imán dipolo (541) está dispuesto en contacto directo y por encima de la matriz de soporte (533).

30 La distancia (d) de la superficie más elevada del primer dispositivo generador de campo magnético (530), es decir, la superficie más elevada de los nueve primeros imanes dipolo ( $531_{a1}, \dots, 531_{a9}$ ), y la superficie más baja del segundo imán dipolo (541) que se describe en este documento, es decir, la superficie más baja del segundo imán dipolo (541) es igual o menor que el espesor (Z) del segundo imán dipolo (541). En particular, la segunda distancia (d) es preferentemente de entre aproximadamente 0 mm y aproximadamente 5 mm, más preferentemente entre aproximadamente 0 mm y aproximadamente 1 mm e incluso más preferentemente aproximadamente 0 mm.

40 Como se muestra en la Fig. 5B, los tres terceros imanes dipolo (551) del tercer dispositivo generador de campo magnético (550) están dispuestos de forma que cada uno de sus centros está dispuesto en el bucle, en particular, el anillo (532) en el plano (P) que es sustancialmente paralelo al substrato (520). Los tres terceros imanes dipolo (551) del tercer dispositivo generador de campo magnético (550) tiene sus ejes magnéticos sustancialmente perpendiculares al plano (P), sustancialmente perpendiculares al substrato (520), sustancialmente perpendiculares a los ejes magnéticos de los primeros nueve imanes dipolo ( $531_{a1}, \dots, 531_{a9}$ ) del primer dispositivo generador de campo magnético (530) y sustancialmente paralelos al eje magnético del segundo imán dipolo (541) del segundo dispositivo generador de campo magnético (540) con el polo norte apuntando (es decir, orientando) hacia el substrato (520). Los ángulos y formados respectivamente por los vectores  $\overrightarrow{C_{541}C_{531-ax}}$  ( $x = 1-6$ ) (que corresponden a las líneas rectas del punto de proyección ( $C_{541}$ ) al centro  $C_{531-ax}$  de un primer imán dipolo ( $531_{ax}$ )) y  $\overrightarrow{C_{541}C_{551}}$  (que corresponde a las líneas rectas del punto de proyección ( $C_{541}$ ) al centro de un tercer imán dipolo cilíndrico adyacente (551)) son iguales entre sí, dicho valor es de  $30^\circ$ .

50 Las distancias entre el punto de proyección ( $C_{541}$ ) del centro del segundo imán dipolo (541) y el centro ( $C_{551}$ ) de los tres terceros imanes dipolo (551) del tercer dispositivo generador de campo magnético (550) son iguales entre sí y son iguales a las distancias Y descritas anteriormente.

55 La pieza polar con forma cuadrada (560) está dispuesta debajo de la matriz de soporte con forma cuadrada (533) del primer dispositivo generador de campo magnético (530). La distancia (f) de la superficie más baja del primer dispositivo generador de campo magnético (530), es decir, la superficie más baja de la matriz de soporte con forma cuadrada (533), y la superficie más elevada de la pieza polar con forma cuadrada (560) es preferentemente entre aproximadamente 0 mm y aproximadamente 1 mm, más preferentemente aproximadamente 0 mm.

60 El cuarto imán dipolo con forma de disco (571) del cuarto dispositivo generador de campo magnético (570) está dispuesto debajo de la pieza polar con forma cuadrada (560). El cuarto imán dipolo con forma de disco (571) tiene sus ejes

magnéticos sustancialmente perpendiculares al plano (P), sustancialmente perpendiculares al substrato (520) y sustancialmente perpendiculares al eje magnético de los nueve primeros imanes dipolo ( $531_{a1}$ , ...,  $531_{a9}$ ) del primer conjunto magnético (530) con su polo sur apuntando (es decir, orientando) hacia el substrato (520).

- 5 El centro del primer dispositivo generador de campo magnético (530), es decir, el centro de la matriz de soporte con forma cuadrada (533), y el centro del segundo dispositivo generador de campo magnético (240), es decir, el centro del segundo imán dipolo (541), están sustancialmente centrados entre sí y están sustancialmente centrados con respecto al punto de proyección ( $C_{541}$ ) del centro del imán dipolo cilíndrico (541). El centro de la pieza polar con forma cuadrada (560) y el centro del cuarto imán dipolo con forma cuadrada (571) están sustancialmente centrados entre sí y están sustancialmente centrados con respecto al punto de proyección ( $C_{541}$ ) del centro del imán dipolo cilíndrico (541).
- 10

La distancia (e) de la superficie más elevada del segundo dispositivo generador de campo magnético (540) que se describe en este documento, es decir, la superficie más elevada del segundo imán dipolo (541), y la superficie más baja del substrato (520) que orienta dicho segundo dispositivo generador de campo magnético (540) es preferentemente de entre aproximadamente 0 mm y aproximadamente 10 mm, más preferentemente entre aproximadamente 0 mm y aproximadamente 5 mm e incluso más preferentemente entre aproximadamente 0 mm y aproximadamente 1 mm.

15 La distancia (h) de la superficie más baja de la pieza polar con forma cuadrada (560) y la superficie más elevada del cuarto dispositivo generador de campo magnético (570), es decir, la superficie más elevada del cuarto imán dipolo con forma de disco (571), está preferentemente entre aproximadamente 0 mm y aproximadamente 1 mm, más preferentemente aproximadamente 0 mm.

20 La OEL resultante producida con el conjunto magnético (500) ilustrada en las Fig. 5A-B se muestra en la Fig. 5C en diferentes ángulos de visión al inclinar el substrato (520) entre -20° y +20°. La OEL así obtenida proporciona la impresión óptica de un anillo rodeado por tres cuerpos en forma de bucle cuya forma y brillo varían al inclinar la capa con efecto óptico (OEL).

25 Las Fig. 6A-C ilustran un ejemplo de conjunto magnético (600) adecuado para producir capas con efecto óptico (OEL) que comprenden partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas sobre un substrato (620) de acuerdo 30 con la presente invención.

30 El conjunto magnético (600) comprende un primer dispositivo generador de campo magnético (630) que comprende tres o más, en particular tres, primeros imanes dipolo ( $631_{a1}$ ,  $631_{a2}$ ,  $631_{a3}$ ) incorporados en una matriz de soporte con forma cuadrada (633) y un segundo dispositivo generador de campo magnético (640) que comprende un segundo imán dipolo (641), en donde el segundo dispositivo generador de campo magnético (640) está dispuesto por encima del primer dispositivo generador de campo magnético (630). El conjunto magnético (600) comprende además una pieza polar con forma cuadrada (660) y un cuarto dispositivo generador de campo magnético (670) que comprende un cuarto imán dipolo con forma de disco (671), en donde el primer dispositivo generador de campo magnético (630) está dispuesto por encima de la pieza polar con forma cuadrada (660) y la pieza polar con forma cuadrada (660) está dispuesta por encima del cuarto dispositivo generador de campo magnético (670).

35 Como se muestra en la Fig. 6B, los tres primeros imanes dipolo ( $631_{a1}$ ,  $631_{a2}$ ,  $631_{a3}$ ) están dispuestos de forma que cada uno de sus centros ( $C_{631-a1}$ ,  $C_{631-a2}$  y  $C_{631-a3}$ ) está dispuesto en un bucle (632), en particular un anillo, (232) en el plano (P) que es sustancialmente paralelo al substrato (620). La proyección del centro del segundo imán dipolo (641) en el plano (P) está localizada en el punto de proyección ( $C_{641}$ ) y está dispuesta simétricamente dentro del anillo (632), es decir, el punto de proyección ( $C_{641}$ ) también corresponde al centro del anillo (632). Los tres primeros imanes dipolo ( $631_{a1}$ ,  $631_{a2}$ ,  $631_{a3}$ ) están distribuidos de manera uniforme alrededor del punto de proyección ( $C_{641}$ ) del centro del segundo imán dipolo (641).

40 50 Los tres primeros imanes dipolo ( $631_{a1}$ ,  $631_{a2}$ ,  $631_{a3}$ ) del primer dispositivo generador de campo magnético (630) tienen sus ejes sustancialmente paralelos al plano (P), sustancialmente paralelo al substrato (620) y sustancialmente perpendicular al eje magnético del segundo imán dipolo (641) del segundo dispositivo generador de campo magnético (640).

55 60 Los tres ángulos  $\alpha_{1/2/3}$  formados respectivamente por i) los vectores  $\overrightarrow{C_{641}C_{631-a1}}$ ,  $\overrightarrow{C_{641}C_{631-a1}}$ ,  $\overrightarrow{C_{641}C_{631-a2}}$ ,  $\overrightarrow{C_{641}C_{631-a2}}$  (es decir, los vectores entre el punto de proyección ( $C_{641}$ ) y el centro ( $C_{631-a1}$ ,  $C_{631-a2}$  y  $C_{631-a3}$ ) de cada primer imán dipolo del primer dispositivo generador de campo magnético (630)) respectivo y ii) los vectores  $\overrightarrow{h_{631-a1}}$ ,  $\overrightarrow{h_{631-a2}}$ ,  $\overrightarrow{h_{631-a3}}$ , cuando son medidos en dirección contraria a las manecillas del reloj, dichos ángulos  $\alpha_{1/2/3}$  son de 90°, es decir, los tres primeros imanes dipolo ( $631_{a1}$ ,  $631_{a2}$ ,  $631_{a3}$ ) tienen sus ejes magnéticos sustancialmente tangenciales al anillo (632) en la posición de su centro respectivo ( $C_{631-a1}$ ,  $C_{631-a2}$  y  $C_{631-a3}$ ).

Los tres ángulos  $\beta$  formados respectivamente por los vectores  $\overrightarrow{C_{641}C_{631-a1}}$  (que corresponden a la línea recta del punto de proyección ( $C_{641}$ ) al centro  $C_{631-a1}$  del primer imán dipolo cúbico ( $631_{a1}$ )) y  $\overrightarrow{C_{641}C_{631-a2}}$ ; los vectores  $\overrightarrow{C_{641}C_{631-a2}}$  y  $\overrightarrow{C_{641}C_{631-a3}}$ ; y los vectores  $\overrightarrow{C_{641}C_{631-a3}}$  y  $\overrightarrow{C_{641}C_{631-a1}}$  son iguales entre sí, en particular 120°.

Las distancias Y entre el punto de proyección ( $C_{241}$ ) del centro del segundo imán dipolo (641) y el centro ( $C_{631-a1}$ ,  $C_{631-a2}$  y  $C_{631-a3}$ ) de cada uno de dichos tres primeros imanes dipolo ( $631_{a1}$ ,  $631_{a2}$ ,  $631_{a3}$ ) son iguales entre sí.

5 El segundo imán dipolo (641) tiene su eje magnético sustancialmente perpendicular al plano (P) y sustancialmente perpendicular al substrato (620) con su polo norte apuntando (es decir, orientando) hacia el substrato (620). El segundo imán dipolo (641) está dispuesto en contacto directo y por encima de la matriz de soporte (633).

10 La distancia (d) de la superficie más elevada del primer dispositivo generador de campo magnético (630), es decir, la superficie más elevada de los tres imanes dipolo ( $631_{a1}$ ,  $631_{a2}$ ,  $631_{a3}$ ), y la superficie más baja del segundo imán dipolo (641) es igual o menor que el espesor (Z) del segundo imán dipolo (641). En particular, la segunda distancia (d) es preferentemente de entre aproximadamente 0 mm y aproximadamente 5 mm, más preferentemente entre aproximadamente 0 mm y aproximadamente 1 mm e incluso más preferentemente aproximadamente 0 mm.

15 15 La pieza polar con forma cuadrada (660) está dispuesta debajo de la matriz de soporte con forma cuadrada (633) del primer dispositivo generador de campo magnético (630). La distancia (f) de la superficie más baja del primer dispositivo generador de campo magnético (630), es decir, la superficie más baja de la matriz de soporte con forma cuadrada (633), y la superficie más elevada de la pieza polar con forma cuadrada (660) es preferentemente entre aproximadamente 0 mm y aproximadamente 1 mm, más preferentemente aproximadamente 0 mm.

20 20 El cuarto imán dipolo con forma de disco (671) del cuarto dispositivo generador de campo magnético (670) está dispuesto debajo de la pieza polar con forma cuadrada (660). El cuarto imán dipolo con forma de disco (671) tiene sus ejes magnéticos sustancialmente perpendiculares al plano (P), sustancialmente perpendiculares al substrato (620) y sustancialmente perpendiculares al eje magnético de los tres primeros imanes dipolo ( $631_{a1}$ , ...,  $631_{a3}$ ) del primer conjunto magnético (630) con su polo norte apuntando (es decir, orientando) hacia el substrato (620).

25 30 El centro del primer dispositivo generador de campo magnético (630), es decir, el centro de la matriz de soporte con forma cuadrada (633), y el centro del segundo dispositivo generador de campo magnético (640), es decir, el centro del segundo imán dipolo (641), están sustancialmente centrados entre sí y están sustancialmente centrados con respecto al punto de proyección ( $C_{641}$ ) del centro del imán dipolo cilíndrico (641). El centro de la pieza polar con forma cuadrada (660) y el centro del cuarto imán dipolo con forma cuadrada (671) están sustancialmente centrados entre sí y están sustancialmente centrados con respecto al punto de proyección ( $C_{641}$ ) del centro del imán dipolo cilíndrico (641).

35 35 La distancia (e) de la superficie más elevada del segundo dispositivo generador de campo magnético (640) que se describe en este documento, es decir, la superficie más elevada del segundo imán dipolo (641), y la superficie más baja del substrato (620) que orienta dicho segundo dispositivo generador de campo magnético (640) es preferentemente de entre aproximadamente 0 mm y aproximadamente 10 mm, más preferentemente entre aproximadamente 0 mm y aproximadamente 5 mm e incluso más preferentemente entre aproximadamente 0 mm y aproximadamente 1 mm.

40 40 La distancia (h) de la superficie más baja de la pieza polar con forma cuadrada (660) y la superficie más elevada del cuarto dispositivo generador de campo magnético (670), es decir, la superficie más elevada del cuarto imán dipolo con forma de disco (671), está preferentemente entre aproximadamente 0 mm y aproximadamente 1 mm, más preferentemente aproximadamente 0 mm.

45 45 La OEL resultante producida con el conjunto magnético (600) ilustrada en las Fig. 6A-B se muestra en la Fig. 6C en diferentes ángulos de visión al inclinar el substrato (620) entre -20° y +20°. La OEL así obtenida proporciona la impresión óptica de un anillo rodeado por más de un cuerpo en forma de bucle cuya forma y brillo varían al inclinar la capa con efecto óptico (OEL).

50 50 Las Fig. 7A-C ilustran un ejemplo de conjunto magnético (700) adecuado para producir capas con efecto óptico (OEL) que comprenden partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas sobre un substrato (720) de acuerdo con la presente invención.

55 55 El conjunto magnético (700) comprende un primer dispositivo generador de campo magnético (730) que comprende tres o más, en particular seis, primeros imanes dipolo ( $731_{a1}$ , ...,  $731_{a6}$ ) incorporados en una matriz de soporte con forma cuadrada (733) y un segundo dispositivo generador de campo magnético (740) que comprende un segundo imán dipolo (741), en donde el segundo dispositivo generador de campo magnético (740) está dispuesto por encima del primer dispositivo generador de campo magnético (730). El conjunto magnético (700) comprende además una pieza polar con forma cuadrada (760) y un cuarto dispositivo generador de campo magnético (770) que comprende un cuarto imán dipolo con forma de disco (771), en donde el primer dispositivo generador de campo magnético (730) está dispuesto por encima de la pieza polar con forma cuadrada (760) y la pieza polar con forma cuadrada (760) está dispuesta por encima del cuarto dispositivo generador de campo magnético (770).

60 65 Como se muestra en la Fig. 7B, los seis primeros imanes dipolo ( $731_{a1}$ , ...,  $731_{a6}$ ) están dispuestos de forma que cada uno de sus centros ( $C_{731-a1}$ , ...,  $C_{731-a6}$ ) está dispuesto en un bucle (732), en particular un anillo, en el plano (P) que es sustancialmente paralelo al substrato (720). La proyección del centro del segundo imán dipolo (741) en el plano (P) está

localizada en el punto de proyección ( $C_{741}$ ) y está dispuesta simétricamente dentro del anillo (732), es decir, el punto de proyección ( $C_{741}$ ) también corresponde al centro del anillo (732). Los seis primeros imanes dipolo ( $731_{a1}, \dots, 731_{a6}$ ) están distribuidos de manera uniforme alrededor del punto de proyección ( $C_{741}$ ) del centro del segundo imán dipolo (741).

- 5 Los seis primeros imanes dipolo ( $731_{a1}, \dots, 731_{a6}$ ) del primer dispositivo generador de campo magnético (730) tienen sus ejes magnéticos sustancialmente paralelos al plano (P), sustancialmente paralelos al substrato (720) y sustancialmente perpendiculares al eje magnético del segundo imán dipolo (741) del segundo dispositivo generador de campo magnético (740).
- 10 Los tres ángulos  $\alpha_{1/3/5}$  formados respectivamente por i) los vectores  $\overrightarrow{C_{741}C_{731-a1}}, \overrightarrow{C_{741}C_{731-a3}}, \overrightarrow{C_{741}C_{731-a5}}$  (es decir, los vectores entre el punto de proyección ( $C_{741}$ ) y el centro ( $C_{731-a1}, C_{731-a3}$  y  $C_{731-a5}$ ) de cada primer imán dipolo del primer dispositivo generador de campo magnético (730)) y ii) los vectores  $\overrightarrow{h_{731-a1}}, \overrightarrow{h_{731-a3}}, \overrightarrow{h_{731-a5}}$ , cuando se miden en una dirección en sentido contrario a las manecillas del reloj, son iguales entre sí, dichos ángulos  $\alpha_{1/2/3}$  son de  $90^\circ$ , es decir, los tres primeros imanes dipolo ( $731_{a1}, 731_{a3}, 731_{a5}$ ) tienen sus ejes magnéticos sustancialmente tangenciales al anillo (732) en la posición de su respectivo centro ( $C_{731-a1}, C_{731-a3}$  y  $C_{731-a5}$ ). Los tres ángulos  $\alpha_{2/4/6}$  formados respectivamente por i) los vectores  $\overrightarrow{C_{741}C_{731-a1}}, \overrightarrow{C_{741}C_{731-a2}}, \overrightarrow{C_{741}C_{731-a4}}, \overrightarrow{C_{741}C_{731-a6}}$  (es decir, los vectores entre el punto de proyección ( $C_{241}$ ) y el centro ( $C_{731-a2}, C_{731-a4}$  y  $C_{731-a6}$ ) de cada primer imán dipolo del primer dispositivo generador de campo magnético (730)) y ii) los vectores  $\overrightarrow{h_{731-a1}}, \overrightarrow{h_{731-a2}}, \overrightarrow{h_{731-a4}}, \overrightarrow{h_{731-a6}}$ , cuando se miden en una dirección en sentido contrario a las manecillas del reloj, son iguales entre sí, en particular de  $270^\circ$ , es decir, los tres primeros imanes dipolo ( $731_{a2}, 731_{a4}, 731_{a6}$ ) tienen sus ejes magnéticos sustancialmente tangenciales al anillo (732) en la posición de su respectivo centro ( $C_{731-a2}, C_{731-a4}$  y  $C_{731-a6}$ ).
- 15 Los seis ángulos  $\beta$  formados respectivamente por los vectores  $\overrightarrow{C_{741}C_{731-a1}}$  (que corresponden a la línea recta del punto de proyección ( $C_{741}$ ) al centro  $C_{731-a1}$  del primer imán dipolo cilíndrico ( $731_{a1}$ )) y  $\overrightarrow{C_{741}C_{731-a2}}$ ; los vectores  $\overrightarrow{C_{741}C_{731-a2}}$  y  $\overrightarrow{C_{741}C_{731-a3}}$ ; los vectores  $\overrightarrow{C_{741}C_{731-a3}}$  y  $\overrightarrow{C_{741}C_{731-a4}}$ ; los vectores  $\overrightarrow{C_{741}C_{731-a4}}$  y  $\overrightarrow{C_{741}C_{731-a5}}$ ; los vectores  $\overrightarrow{C_{741}C_{731-a5}}$  y  $\overrightarrow{C_{741}C_{731-a6}}$ ; y los vectores  $\overrightarrow{C_{741}C_{731-a6}}$  y  $\overrightarrow{C_{741}C_{731-a1}}$  son iguales entre sí, en particular  $60^\circ$ .
- 20 Las distancias Y entre el punto de proyección ( $C_{741}$ ) del centro del segundo imán dipolo (741) y el centro ( $C_{731-a1}, \dots, C_{731-a6}$ ) de cada uno de dichos seis primeros imanes dipolo ( $731_{a1}, \dots, 731_{a6}$ ) son iguales entre sí.
- 25 Los seis ángulos  $\gamma$  formados respectivamente por los vectores  $\overrightarrow{C_{741}C_{731-a1}}$  (que corresponden a la línea recta del punto de proyección ( $C_{741}$ ) al centro  $C_{731-a1}$  del primer imán dipolo cilíndrico ( $731_{a1}$ )) y  $\overrightarrow{C_{741}C_{731-a2}}$ ; los vectores  $\overrightarrow{C_{741}C_{731-a2}}$  y  $\overrightarrow{C_{741}C_{731-a3}}$ ; los vectores  $\overrightarrow{C_{741}C_{731-a3}}$  y  $\overrightarrow{C_{741}C_{731-a4}}$ ; los vectores  $\overrightarrow{C_{741}C_{731-a4}}$  y  $\overrightarrow{C_{741}C_{731-a5}}$ ; los vectores  $\overrightarrow{C_{741}C_{731-a5}}$  y  $\overrightarrow{C_{741}C_{731-a6}}$ ; y los vectores  $\overrightarrow{C_{741}C_{731-a6}}$  y  $\overrightarrow{C_{741}C_{731-a1}}$  son iguales entre sí, en particular  $60^\circ$ .
- 30 El segundo imán dipolo (741) tiene su eje magnético sustancialmente perpendicular al plano (P) y sustancialmente perpendicular al substrato (720) con su polo norte apuntando (es decir, orientando) hacia el substrato (720). El segundo imán dipolo (741) está dispuesto en contacto directo y por encima de la matriz de soporte (733).
- 35 La distancia (d) de la superficie más elevada del primer dispositivo generador de campo magnético (730), es decir, la superficie más elevada de los seis imanes dipolo ( $731_{a1}, \dots, 731_{a6}$ ), y la superficie más baja del segundo imán dipolo (741) es igual o menor que el espesor (Z) del segundo imán dipolo (741). En particular, la segunda distancia (d) es preferentemente de entre aproximadamente 0 mm y aproximadamente 5 mm, más preferentemente entre aproximadamente 0 mm y aproximadamente 1 mm e incluso más preferentemente aproximadamente 0 mm.
- 40 La pieza polar con forma cuadrada (760) está dispuesta debajo de la matriz de soporte con forma cuadrada (733) del primer dispositivo generador de campo magnético (730). La distancia (f) de la superficie más baja del primer dispositivo generador de campo magnético (730), es decir, la superficie más baja de la matriz de soporte con forma cuadrada (733), y la superficie más elevada de la pieza polar con forma cuadrada (760) es preferentemente entre aproximadamente 0 mm y aproximadamente 1 mm, más preferentemente aproximadamente 0 mm.
- 45 El cuarto imán dipolo con forma de disco (771) del cuarto dispositivo generador de campo magnético (770) está dispuesto debajo de la pieza polar con forma cuadrada (760). El cuarto imán dipolo con forma de disco (771) tiene sus ejes magnéticos sustancialmente perpendiculares al plano (P), sustancialmente perpendiculares al substrato (720) y sustancialmente perpendiculares al eje magnético de los tres primeros imanes dipolo ( $731_{a1}, \dots, 731_{a6}$ ) del primer conjunto magnético (730) con su polo norte apuntando (es decir, orientando) hacia el substrato (720).
- 50 El centro del primer dispositivo generador de campo magnético (730), es decir, el centro de la matriz de soporte con forma cuadrada (733), y el centro del segundo dispositivo generador de campo magnético (740), es decir, el centro del segundo imán dipolo (741), están sustancialmente centrados entre sí y están sustancialmente centrados con respecto al punto de proyección ( $C_{741}$ ) del centro del imán dipolo cilíndrico (741). El centro de la pieza polar con forma cuadrada (760) y el centro del cuarto imán dipolo con forma cuadrada (771) están sustancialmente centrados entre sí y están sustancialmente centrados con respecto al punto de proyección ( $C_{741}$ ) del centro del imán dipolo cilíndrico (741).
- 55 La distancia (h) de la superficie más baja de la pieza polar con forma cuadrada (760) y la superficie más elevada del cuarto dispositivo generador de campo magnético (770), es decir, la superficie más elevada del cuarto imán dipolo con forma de disco (771), está preferentemente entre aproximadamente 0 mm y aproximadamente 1 mm, más preferentemente aproximadamente 0 mm.

La distancia (e) de la superficie más elevada del segundo dispositivo generador de campo magnético (740) que se describe en este documento, es decir, la superficie más elevada del segundo imán dipolo (741), y la superficie más baja del substrato (720) que orienta dicho segundo dispositivo generador de campo magnético (740) es preferentemente de entre aproximadamente 0 mm y aproximadamente 10 mm, más preferentemente entre aproximadamente 0 mm y 5 mm e incluso más preferentemente entre aproximadamente 0 mm y aproximadamente 1 mm.

La OEL resultante producida con el conjunto magnético (700) ilustrada en las Fig. 7A-B se muestra en la Fig. 7C en diferentes ángulos de visión al inclinar el substrato (720) entre -20° y +20°. La OEL así obtenida proporciona la impresión óptica de un anillo rodeado por tres cuerpos en forma de bucle cuya forma y brillo varían al inclinar la capa con efecto óptico (OEL).

Las Fig. 8A-C ilustran un ejemplo de conjunto magnético (800) adecuado para producir capas con efecto óptico (OEL) que comprenden partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas sobre un substrato (820) de acuerdo con la presente invención.

El conjunto magnético (800) comprende un primer dispositivo generador de campo magnético (830) que comprende tres o más, en particular seis, primeros imanes dipolo ( $831_{a1}$ , ...,  $831_{a6}$ ) incorporados en una matriz de soporte con forma cuadrada (833) y un segundo dispositivo generador de campo magnético (840) que comprende un segundo imán dipolo (841), en donde el segundo dispositivo generador de campo magnético (840) está dispuesto por encima del primer dispositivo generador de campo magnético (830). El conjunto magnético (800) comprende además una pieza polar con forma cuadrada (860) y un cuarto dispositivo generador de campo magnético (870) que comprende un cuarto imán dipolo con forma de disco (871), en donde el primer dispositivo generador de campo magnético (830) está dispuesto por encima de la pieza polar con forma cuadrada (860) y la pieza polar con forma cuadrada (860) está dispuesta por encima del cuarto dispositivo generador de campo magnético (870).

Como se muestra en la Fig. 8B, los seis primeros imanes dipolo ( $831_{a1}$ , ...,  $831_{a6}$ ) están dispuestos de forma que cada uno de sus centros ( $C_{831-a1}$ , ...,  $C_{831-a6}$ ) está dispuesto en un bucle (832), en particular un anillo, en el plano (P) que es sustancialmente paralelo al substrato (820). La proyección del centro del segundo imán dipolo (841) en el plano (P) está localizada en el punto de proyección ( $C_{741}$ ) y está dispuesta simétricamente dentro del anillo (832), es decir, el punto de proyección ( $C_{41}$ ) también corresponde al centro del anillo (832). Los seis primeros imanes dipolo ( $831_{a1}$ , ...,  $831_{a6}$ ) están distribuidos de manera uniforme alrededor del punto de proyección ( $C_{841}$ ) del centro del segundo imán dipolo (841).

Los seis primeros imanes dipolo ( $831_{a1}$ , ...,  $831_{a6}$ ) del primer dispositivo generador de campo magnético (830) tienen sus ejes magnéticos sustancialmente paralelos al plano (P), sustancialmente paralelos al substrato (820) y sustancialmente perpendiculares al eje magnético del segundo imán dipolo (841) del segundo dispositivo generador de campo magnético (840).

Los seis ángulos  $\alpha_{1-6}$  formados respectivamente por i) los vectores  $\overrightarrow{C_{841}C_{831-a1}}$  ( $C_{841}C_{831-a1}$ , ...,  $\overrightarrow{C_{841}C_{831-a6}}$ ) (es decir, los vectores entre el punto de proyección ( $C_{841}$ ) y el centro ( $C_{831-a1}$ , ...,  $C_{831-a9}$ ) de cada imán dipolo respectivo del primer dispositivo generador de campo magnético (830)) y ii) los vectores  $\overrightarrow{h_{831-a1}}$  ( $\overrightarrow{h_{831-a1}}$ , ...,  $\overrightarrow{h_{831-a8}}$ ), cuando se miden en dirección en sentido contrario a las manecillas del reloj, son iguales entre sí, dichos ángulos  $\alpha_{1-6}$  son de 225°.

Los seis ángulos  $\beta$  formados respectivamente por los vectores  $\overrightarrow{C_{841}C_{831-a1}}$  (que corresponden a la línea recta del punto de proyección ( $C_{841}$ ) al centro  $C_{831-a1}$  del primer imán dipolo cilíndrico ( $831_{a1}$ )) y  $\overrightarrow{C_{841}C_{831-a2}}$ ; los vectores  $\overrightarrow{C_{841}C_{831-a2}}$  y  $\overrightarrow{C_{841}C_{831-a3}}$ ; los vectores  $\overrightarrow{C_{841}C_{831-a3}}$  y  $\overrightarrow{C_{841}C_{831-a4}}$ ; los vectores  $\overrightarrow{C_{841}C_{831-a4}}$  y  $\overrightarrow{C_{841}C_{831-a5}}$ ; los vectores  $\overrightarrow{C_{841}C_{831-a5}}$  y  $\overrightarrow{C_{841}C_{831-a6}}$ ; y los vectores  $\overrightarrow{C_{841}C_{831-a6}}$  y  $\overrightarrow{C_{841}C_{831-a1}}$  son iguales entre sí, en particular 60°.

El centro del primer dispositivo generador de campo magnético (830), es decir, el centro de la matriz de soporte con forma cuadrada (833), y el centro del segundo dispositivo generador de campo magnético (840), es decir, el centro del segundo imán dipolo (841), están sustancialmente centrados entre sí y están sustancialmente centrados con respecto al punto de proyección ( $C_{841}$ ) del centro del imán dipolo cilíndrico (841).

Las distancias Y entre el punto de proyección ( $C_{841}$ ) del centro del segundo imán dipolo (841) y el centro ( $C_{831-a1}$ , ...,  $C_{831-a6}$ ) de cada uno de dichos seis primeros imanes dipolo ( $831_{a1}$ , ...,  $831_{a6}$ ) son iguales entre sí.

El segundo imán dipolo (841) tiene su eje magnético sustancialmente perpendicular al plano (P) y sustancialmente perpendicular al substrato (820) con su polo norte apuntando (es decir, orientando) hacia el substrato (820). El segundo imán dipolo (841) está dispuesto en contacto directo y por encima de la matriz de soporte (833).

La distancia (d) de la superficie más elevada del primer dispositivo generador de campo magnético (830), es decir, la superficie más elevada de los seis primeros imanes dipolo ( $831_{a1}$ , ...,  $831_{a6}$ ), y la superficie más baja del segundo dispositivo generador de campo magnético (840), es decir, la superficie más baja del segundo imán dipolo (841) es igual o menor que el espesor (Z) del segundo imán dipolo (841). En particular, la segunda distancia (d) es preferentemente de entre aproximadamente 0 mm y aproximadamente 5 mm, más preferentemente entre aproximadamente 0 mm y

aproximadamente 1 mm e incluso más preferentemente aproximadamente 0 mm.

La pieza polar con forma cuadrada (860) está dispuesta debajo de la matriz de soporte con forma cuadrada (833) del primer dispositivo generador de campo magnético (830). La distancia (f) de la superficie más baja del primer dispositivo generador de campo magnético (830), es decir, la superficie más baja de la matriz de soporte con forma cuadrada (833), y la superficie más elevada de la pieza polar con forma cuadrada (860) es preferentemente entre aproximadamente 0 mm y aproximadamente 1 mm, más preferentemente aproximadamente 0 mm.

El cuarto imán dipolo con forma de disco (871) del cuarto dispositivo generador de campo magnético (870) está dispuesto debajo de la pieza polar con forma cuadrada (860). El cuarto imán dipolo con forma de disco (871) tiene sus ejes magnéticos sustancialmente perpendiculares al plano (P), sustancialmente perpendiculares al substrato (820) y sustancialmente perpendiculares al eje magnético de los seis primeros imanes dipolo (831<sub>a1</sub>, ..., 831<sub>a6</sub>) del primer conjunto magnético (530) con su polo norte apuntando (es decir, orientando) hacia el substrato (820).

La distancia (h) de la superficie más baja de la pieza polar con forma cuadrada (860) y la superficie más elevada del cuarto dispositivo generador de campo magnético (870), es decir, la superficie más elevada del cuarto imán dipolo con forma de disco (871), está preferentemente entre aproximadamente 0 mm y aproximadamente 1 mm, más preferentemente aproximadamente 0 mm.

La distancia (e) de la superficie más elevada del segundo dispositivo generador de campo magnético (840) que se describe en este documento, es decir, la superficie más elevada del segundo imán dipolo (841), y la superficie más baja del substrato (820) que orienta dicho segundo dispositivo generador de campo magnético (840) es preferentemente de entre aproximadamente 0 mm y aproximadamente 10 mm, más preferentemente entre aproximadamente 0 mm y aproximadamente 5 mm e incluso más preferentemente entre aproximadamente 0 mm y aproximadamente 1 mm.

La OEL resultante producida con el conjunto magnético (800) ilustrada en las Fig. 8A-B se muestra en la Fig. 8C en diferentes ángulos de visión al inclinar el substrato (820) entre -20° y +20°. La OEL así obtenida proporciona la impresión óptica de un anillo rodeado por seis cuerpos en forma de bucle cuya forma y brillo varían al inclinar la capa con efecto óptico (OEL).

Las Fig. 9A-C ilustran un ejemplo de conjunto magnético (900) adecuado para producir capas con efecto óptico (OEL) que comprenden partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas sobre un substrato (920) de acuerdo con la presente invención.

El conjunto magnético (900) comprende un primer dispositivo generador de campo magnético (930) que comprende tres o más, en particular seis, primeros imanes dipolo (931<sub>a1</sub>, ..., 931<sub>a6</sub>) incorporados en una matriz de soporte con forma cuadrada (933) y un segundo dispositivo generador de campo magnético (940) que comprende un segundo imán dipolo (941), en donde el segundo dispositivo generador de campo magnético (940) está dispuesto por encima del primer dispositivo generador de campo magnético (930). El conjunto magnético (900) comprende además una pieza polar con forma cuadrada (960) y un cuarto dispositivo generador de campo magnético (970) que comprende un cuarto imán dipolo con forma de disco (971), en donde el primer dispositivo generador de campo magnético (930) está dispuesto por encima de la pieza polar con forma cuadrada (960) y la pieza polar con forma cuadrada (960) está dispuesta por encima del cuarto dispositivo generador de campo magnético (970).

Como se muestra en la Fig. 9B, los seis primeros imanes dipolo (931<sub>a1</sub>, ..., 831<sub>a6</sub>) están dispuestos de forma que cada uno de sus centros (C<sub>931-a1</sub>, ..., C<sub>931-a3</sub>) está dispuesto en un bucle (932), en particular un anillo, en el plano (P) que es sustancialmente paralelo al substrato (920). La proyección del centro del segundo imán dipolo (941) en el plano (P) está localizada en el punto de proyección (C<sub>941</sub>) y está dispuesta simétricamente dentro del anillo (932), es decir, el punto de proyección (C<sub>941</sub>) también corresponde al centro del anillo (932). Los seis primeros imanes dipolo (931<sub>a1</sub>, ..., 931<sub>a6</sub>) están distribuidos de manera uniforme alrededor del punto de proyección (C<sub>941</sub>) del centro del segundo imán dipolo (941).

Los seis primeros imanes dipolo (931<sub>a1</sub>, ..., 931<sub>a6</sub>) del primer dispositivo generador de campo magnético (930) tienen sus ejes magnéticos sustancialmente paralelos al plano (P), sustancialmente paralelos al substrato (920) y sustancialmente perpendiculares al eje magnético del segundo imán dipolo (941) del segundo dispositivo generador de campo magnético (940).

Los tres ángulos  $\alpha_{1/3/5}$  formados respectivamente por i) los vectores  $\overrightarrow{C_{941}C_{931-a1}}, \overrightarrow{C_{941}C_{931-a3}}, \overrightarrow{C_{741}C_{931-a5}}$  (es decir, los vectores entre el punto de proyección (C<sub>941</sub>) y el centro (C<sub>931-a1</sub>, C<sub>931-a3</sub> y C<sub>931-a5</sub>) de cada primer imán dipolo respectivo del primer dispositivo generador de campo magnético (930)) y ii) los vectores  $\overrightarrow{h_{931-a1}}, \overrightarrow{h_{931-a3}}, \overrightarrow{h_{931-a5}}$ , cuando se miden en dirección en sentido contrario a las manecillas del reloj, son iguales entre sí, en particular 225°. Los tres ángulos  $\alpha_{2/4/6}$  formados respectivamente por i) los vectores  $\overrightarrow{C_{941}C_{931-a2}}, \overrightarrow{C_{941}C_{931-a4}}, \overrightarrow{C_{941}C_{931-a6}}$  (es decir, los vectores entre el punto de proyección (C<sub>941</sub>) y el centro (C<sub>931-a2</sub>, C<sub>931-a4</sub> y C<sub>931-a6</sub>) de cada primer dispositivo generador de campo magnético respectivo (930)) y ii) los vectores  $\overrightarrow{h_{931-a2}}, \overrightarrow{h_{931-a4}}, \overrightarrow{h_{931-a6}}$ , cuando se miden en dirección en sentido contrario a las manecillas del reloj, son iguales entre sí, en particular 45°.

- Los seis ángulos  $\beta$  formados respectivamente por los vectores  $\overrightarrow{C_{941}C_{931-a1}}$  (que corresponden a la línea recta del punto de proyección ( $C_{941}$ ) al centro  $C_{931-a1}$  del primer imán dipolo cilíndrico ( $931_{a1}$ )) y  $\overrightarrow{C_{941}C_{931-a2}}$ ; los vectores  $\overrightarrow{C_{941}C_{931-a2}}$  y  $\overrightarrow{C_{941}C_{931-a3}}$ ; los vectores  $\overrightarrow{C_{941}C_{931-a3}}$  y  $\overrightarrow{C_{941}C_{931-a4}}$ ; los vectores  $\overrightarrow{C_{941}C_{931-a4}}$  y  $\overrightarrow{C_{941}C_{931-a5}}$ ; los vectores  $\overrightarrow{C_{941}C_{931-a5}}$  y  $\overrightarrow{C_{941}C_{931-a6}}$ ; y los vectores  $\overrightarrow{C_{941}C_{931-a6}}$  y  $\overrightarrow{C_{941}C_{931-a1}}$  son iguales entre sí, en particular  $60^\circ$ .
- El centro del primer dispositivo generador de campo magnético (930), es decir, el centro de la matriz de soporte con forma cuadrada (933), y el centro del segundo dispositivo generador de campo magnético (940), es decir, el centro del segundo imán dipolo (941), están sustancialmente centrados entre sí y están sustancialmente centrados con respecto al punto de proyección ( $C_{941}$ ) del centro del imán dipolo (941).
- Las distancias  $Y$  entre el punto de proyección ( $C_{941}$ ) del centro del segundo imán dipolo (941) y el centro ( $C_{931-a1}, \dots, C_{931-a6}$ ) de cada uno de dichos seis primeros imanes dipolo ( $931_{a1}, \dots, 931_{a6}$ ) son iguales entre sí.
- El segundo imán dipolo (941) tiene su eje magnético sustancialmente perpendicular al plano (P) y sustancialmente perpendicular al substrato (920) con su polo norte apuntando (es decir, orientando) hacia el substrato (920). El segundo imán dipolo (941) está dispuesto en contacto directo y por encima de la matriz de soporte (933).
- La distancia (d) de la superficie más elevada del primer dispositivo generador de campo magnético (930), es decir, la superficie más elevada de los seis imanes dipolo ( $931_{a1}, \dots, 931_{a6}$ ), y la superficie más baja del segundo imán dipolo (941) es igual o menor que el espesor (Z) del segundo imán dipolo (941). En particular, la segunda distancia (d) es preferentemente de entre aproximadamente 0 mm y aproximadamente 5 mm, más preferentemente entre aproximadamente 0 mm y aproximadamente 1 mm e incluso más preferentemente aproximadamente 0 mm.
- La pieza polar con forma cuadrada (960) está dispuesta debajo de la matriz de soporte con forma cuadrada (933) del primer dispositivo generador de campo magnético (930). La distancia (f) de la superficie más baja del primer dispositivo generador de campo magnético (930), es decir, la superficie más baja de la matriz de soporte con forma cuadrada (933), y la superficie más elevada de la pieza polar con forma cuadrada (960) es preferentemente entre aproximadamente 0 mm y aproximadamente 1 mm, más preferentemente aproximadamente 0 mm.
- El cuarto imán dipolo con forma de disco (971) del cuarto dispositivo generador de campo magnético (970) está dispuesto debajo de la pieza polar con forma cuadrada (960). El cuarto imán dipolo con forma de disco (971) tiene sus ejes magnéticos sustancialmente perpendiculares al plano (P), sustancialmente perpendiculares al substrato (920) y sustancialmente perpendiculares al eje magnético de los seis primeros imanes dipolo ( $931_{a1}, \dots, 931_{a6}$ ) del primer conjunto magnético (930) con su polo norte apuntando (es decir, orientando) hacia el substrato (920).
- La distancia (h) de la superficie más baja de la pieza polar con forma cuadrada (960) y la superficie más elevada del cuarto dispositivo generador de campo magnético (970), es decir, la superficie más elevada del cuarto imán dipolo con forma de disco (971), está preferentemente entre aproximadamente 0 mm y aproximadamente 1 mm, más preferentemente aproximadamente 0 mm.
- La distancia (e) de la superficie más elevada del segundo dispositivo generador de campo magnético (940) que se describe en este documento, es decir, la superficie más elevada del segundo imán dipolo (941), y la superficie más baja del substrato (920) que orienta dicho segundo dispositivo generador de campo magnético (940) es preferentemente de entre aproximadamente 0 mm y aproximadamente 10 mm, más preferentemente entre aproximadamente 0 mm y aproximadamente 5 mm e incluso más preferentemente entre aproximadamente 0 mm y aproximadamente 1 mm.
- La OEL resultante producida con el conjunto magnético (900) ilustrada en las Fig. 9A-B se muestra en la Fig. 9C en diferentes ángulos de visión al inclinar el substrato (920) entre  $-20^\circ$  y  $+20^\circ$ . La OEL así obtenida proporciona la impresión óptica de un anillo rodeado por tres cuerpos en forma de bucle cuya forma y brillo varían al inclinar la capa con efecto óptico (OEL).
- La presente invención proporciona además aparatos de impresión que comprenden un cilindro magnético giratorio y el uno o más conjuntos magnéticos (x00) que se describen en este documento, en donde dichos uno o más conjuntos magnéticos (x00) están montados a ranuras circunferenciales o axiales del cilindro magnético giratorio, así como conjuntos de impresoras que comprenden una unidad de impresión planográfica y uno o más conjuntos magnéticos descritos en este documento, en donde dicho uno o más conjuntos magnéticos están montados para empotrar la unidad de impresión planográfica, así como un aparato de impresión que comprende una banda y el uno o más conjuntos magnéticos (x00) descritos en el presente documento, en donde dicho uno o más conjuntos magnéticos están montados a dicha banda. El presente documento proporciona además usos de dichos aparato de impresión para producir las capas con efecto óptico (OEL) descritas en este documento en un substrato tal como el que se describe en el presente.
- El cilindro magnético giratorio está concebido para ser usado en un equipo de impresión o de recubrimiento, o en conjunto, o como parte de este, y para portar uno o más conjuntos magnéticos descritos en este documento. En una realización, el cilindro magnético giratorio es parte de una prensa impresora industrial giratoria, alimentada por hojas o alimentada por

pliegos que funciona de forma continua a una alta velocidad de impresión.

La unidad de impresión planográfica está concebida para ser usada en el equipo de impresión o de recubrimiento, o en conjunto, o como parte de este, y para portar uno o más conjuntos magnéticos descritos en este documento. En una realización, la unidad de impresión planográfica es parte de una prensa impresora industrial alimentada por hojas que

5 funciona de forma discontinua.

El aparato de impresión comprende el cilindro magnético giratorio que se describe en este documento o la unidad de impresión planográfica descrita en el presente documento o la banda que aquí se describe puede incluir un alimentador 10 de substrato para alimentar un substrato, tal como el que se describe en este documento que tiene en el mismo partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas descritas en este documento, de forma que los conjuntos magnéticos generan un campo magnético que actúa en las partículas de pigmento para orientarlas para formar la OEL que se describe en el presente documento. En una realización de los aparatos de impresión que comprenden un cilindro magnético giratorio descrito en este documento, el substrato es alimentado por el alimentador de substrato en forma de 15 hojas o de un pliego. En una realización de los aparatos de impresión que comprende una unidad de impresión planográfica descrita en este documento, el substrato es alimentado en forma de hojas.

Los aparatos de impresión que comprenden el cilindro magnético giratorio descritos en este documento o la unidad de impresión planográfica descrita en el presente o la banda que aquí se describe puede incluir una unidad de recubrimiento 20 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 este documento en el substrato que aquí se describe, la composición de recubrimiento curable por radiación comprende partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas que están orientadas por el campo magnético generado por los conjuntos magnéticos descritos en este documento para formar una capa con efecto óptico (OEL). En una realización del aparato de impresión que comprende 25 el cilindro magnético giratorio descrito en este documento o la banda descrita en el presente documento, la unidad de recubrimiento o impresión trabaja de acuerdo con un proceso continuo y giratorio. En una realización del aparato de impresión que comprende la unidad de impresión planográfica descrita en este documento, la unidad de recubrimiento o impresión trabaja de acuerdo con un proceso discontinuo y lineal.

30 El aparato de impresión comprende el cilindro magnético giratorio descrito en este documento o la unidad de impresión planográfica que se describe en el presente documento o la banda que aquí se describe puede 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 conjuntos magnéticos descritos en este documento, de ese modo, se fija la orientación y la posición de las partículas de 35 pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas para producir una capa con efecto óptico (OEL).

Las capas con efecto óptico (OEL) que se describen en este documento pueden tener cualquier forma, en donde dicha forma puede ser continua o discontinua. De acuerdo con una realización, las capas con efecto óptico (OEL) que se describen en el presente documento representan uno o más indicios, puntos y/o líneas. La forma de las capas con efecto 40 óptico (OEL) descritas en este documento pueden consistir en líneas, puntos y/o indicios que están separados entre sí por un área libre.

Las capas con efecto óptico (OEL) que se describen en este documento pueden proporcionarse directamente en un substrato en que se mantendrán permanentemente (tal como para aplicaciones en billetes bancarios). Alternativamente, 45 una OEL también se puede proporcionar en un substrato temporal para fines de producción, del que la OEL se eliminará posteriormente. Esto puede facilitar, por ejemplo, la producción de la OEL, particularmente cuando el material aglutinante está aún en su estado fluido. Posteriormente, después de curar, al menos parcialmente, la composición de recubrimiento para la producción de la OEL, el substrato temporal se puede eliminar de la OEL.

50 Alternativamente, una capa adhesiva puede estar presente en la OEL o puede estar presente en el substrato que comprende una OEL, dicha capa adhesiva está en el lado opuesto del substrato donde se proporciona la OEL o en el mismo lado que la OEL y encima de la OEL. Por lo tanto, se puede aplicar una capa adhesiva a la OEL o al substrato. Tal artículo se puede unir a toda clase de documentos u otros artículos o elementos sin imprimirse u otros procesos que impliquen maquinaria y un mayor esfuerzo. Alternativamente, el substrato que se describe en este documento comprende 55 la OEL que aquí se describe puede estar en forma de una película transferible, que se puede aplicar a un documento o a un artículo en una etapa de transferencia por separado. Para este fin, el substrato se proporciona con un recubrimiento liberable, en que se produce la OEL, según se describe en este documento. Se pueden aplicar una o más capas de adhesivo sobre la OEL así producida.

60 También se describen en este documento substratos tales como los descritos aquí que comprenden más de uno, es decir, dos, tres, cuatro, etc., capas con efecto óptico (OEL) obtenidas por el proceso que se describe en este documento.

También se describen en este documento artículos, en particular documentos de seguridad, elementos decorativos u objetos, que comprenden la capa con efecto óptico (OEL) producida de acuerdo con la presente invención. Los artículos, 65 en particular documentos de seguridad, elementos decorativos u objetos, pueden comprender más de una OEL (por ejemplo dos, tres, etc.) producida de acuerdo con la presente invención.

Como se menciona en el presente documento, la capa con efecto óptico (OEL) producida de acuerdo con la presente invención puede utilizarse con fines decorativos, así como para proteger y autenticar un documento de seguridad. Los ejemplos típicos de elementos u objetos decorativos incluyen, entre otros, artículos de lujo, envases de cosméticos, piezas automotrices, aparatos electrónicos/eléctricos, muebles y lacas para uñas.

Los documentos de seguridad incluyen, entre otros, documentos de valor y bienes comerciales de valor. Ejemplos habituales de documentos de valor incluyen, sin limitación, billetes bancarios, escrituras, billetes, cheques, vales, sellos fiscales y etiquetas de impuestos, acuerdos y similares, documentos de identidad tales como pasaportes, tarjetas de identidad, visados, permisos de conducir, tarjetas bancarias, tarjetas de crédito, tarjetas de transacciones, documentos o tarjetas de acceso, billetes de entrada, billetes o títulos de transporte público y similares, preferentemente billetes bancarios, documentos de identidad, documentos que confieren derechos, permisos de conducir y tarjetas de crédito. El término "mercancía de valor comercial" 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, telas o joyas, es decir, artículos que deben estar protegidos contra la falsificación, y/o reproducción ilegal para garantizar el contenido del empaque como, por ejemplo, fármacos originales. Ejemplos de estos materiales de envasado incluyen, sin limitación, etiquetas, tales como etiquetas de marca de autenticación, etiquetas de evidencia de manipulación y precintos. Es de señalarse que los substratos, documentos de valor y bienes comerciales de valor divulgados se proporcionan exclusivamente con fines de ejemplo, sin restringir el alcance de la invención.

Alternativamente, la capa con efecto óptico (OEL) puede producirse sobre un substrato auxiliar como, por ejemplo, un hilo de seguridad, una banda de seguridad, una lámina, una calcomanía, una ventana o una etiqueta y, en consecuencia, transferirse a un documento de seguridad en una etapa por separado.

El experto en la materia puede contemplar muchas modificaciones a las realizaciones específicas descritas anteriormente sin alejarse de la presente invención. Tales modificaciones están abarcadas por la presente invención según se define en las reivindicaciones que se anexan.

## EJEMPLOS

Los conjuntos magnéticos (x00) ilustrados en las Fig. 2A-B a las Fig. 9A-B se usaron para orientar partículas de pigmento magnéticas que cambian de color, en particular con forma de placa, no esféricas, en una capa de recubrimiento (x10) de la tinta serigráfica curable por UV descrita en la Tabla 1 con el fin de producir capas con efecto óptico (OEL) que se muestran en las Fig. 2C-9C. La tinta serigráfica curable por UV se aplicó sobre un papel comercial negro (Gascogne Laminates M-cote 120) (x20), dicha aplicación se llevó a cabo con serigrafía a mano usando una pantalla T90 con el fin de formar una capa de recubrimiento (x10) que tuviese un espesor de aproximadamente 20 mm y que tuviera una forma de cuadrado con las siguientes dimensiones: 30 mm x 30 mm. El substrato (x20) que lleva la capa de recubrimiento (x10) de la tinta serigráfica curable por UV se colocó en el conjunto magnético (x00). El patrón de orientación magnética así obtenido de las partículas de pigmento magnético con cambio de color en forma de placa después, parcialmente de forma simultánea con la etapa de orientación, (es decir, mientras que el substrato (x20) que lleva la capa de recubrimiento (x10) de la tinta serigráfica curable por UV estaba todavía en el campo magnético del conjunto magnético (x00)), se fija exponiendo al curado con UV durante aproximadamente 0,5 segundos la capa que contiene las partículas pigmentarias con el uso de una lámpara UV-LED de Phoseon (Type FireFlex 50 x 75 mm, 395 nm, 8 W/cm<sup>2</sup>).

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

Oligómero de epoxiacrilato	28%
Monómero de triacrilato de trimetilolpropano	19,5%
Monómero de diacrilato de tripropilenoglicol	20%
Genorad 16 (Rahn)	1%
Aerosil 200 (Evonik)	1%
Speedcure TPO-L (Lambson)	2%
Irgacure® 500 (BASF)	6%
Genocure® EPD (Rahn)	2%
BYK® 371 (BYK)	2%
Tego Foamex N (Evonik)	2%
Partículas de pigmento magnético que cambian de color de 7 capas (*)	16,5%

(\*) partículas de pigmento magnético que cambian de color de oro a verde que tienen forma de escamas (partículas pigmentarias en forma de plaquetas) de diámetro d50 aproximadamente 9 µm y espesor de aproximadamente 1 µm, obtenidas de Viavi Solutions, Santa Rosa, CA.

### Ejemplo 1 (Fig. 2A-C)

El conjunto magnético (200) usado para preparar la capa con efecto óptico (OEL) del **Ejemplo 1** en el substrato (220) se ilustra en las Fig. 2A-B. El conjunto magnético (200) se configuró para recibir el substrato (220) en una orientación paralela a un primer plano (P).

El conjunto magnético (200) comprendió un primer dispositivo generador de campo magnético (230) que comprende tres o más primeros imanes dipolo cúbicos (231<sub>a1</sub>, 231<sub>a2</sub>, 231<sub>a3</sub>) incorporados en una matriz de soporte con forma cuadrada (233) y un segundo dispositivo generador de campo magnético (240) que comprende un segundo imán dipolo cilíndrico (241), en donde el segundo dispositivo generador de campo magnético (240) estaba dispuesto por encima del primer dispositivo generador de campo magnético (230).

Los tres primeros imanes dipolo cúbicos (231<sub>a1</sub>, 231<sub>a2</sub>, 231<sub>a3</sub>) del primer dispositivo generador de campo magnético (230) tenían las siguientes dimensiones: 3 mm x 3 mm x 3 mm y fueron hechos de NdFeB N45. Como se muestra en la Fig. 2B, los tres primeros imanes dipolo cúbicos (231<sub>a1</sub>, 231<sub>a2</sub>, 231<sub>a3</sub>) estaban dispuestos de forma que cada uno de sus centros (C<sub>231-a1</sub>, C<sub>231-a2</sub> y C<sub>231-a3</sub>) estaban dispuestos en un anillo (232) en el plano (P) que es sustancialmente paralelo al substrato (220).

El segundo imán dipolo cilíndrico (241) del segundo dispositivo generador de campo magnético (240) tenía las siguientes dimensiones: 4 mm (X, diámetro) x 3 mm (Z, espesor) y estaba hecho de NdFeB N45. La proyección del centro del segundo imán dipolo cilíndrico (241) en el plano (P) estaba localizada en el punto de proyección (C<sub>241</sub>) y estaba dispuesta simétricamente dentro del anillo (232), es decir, el punto de proyección (C<sub>241</sub>) también corresponde al centro del anillo simétrico (232).

Los tres primeros imanes dipolo cúbicos (231<sub>a1</sub>, 231<sub>a2</sub>, 231<sub>a3</sub>) del primer dispositivo generador de campo magnético (230) tenían sus ejes sustancialmente paralelos al plano (P), sustancialmente paralelo al substrato (220) y sustancialmente perpendicular al eje magnético del segundo imán dipolo (241) del segundo dispositivo generador de campo magnético (240). Como se muestra en la Fig. 2B, los tres primeros imanes dipolo cúbicos (231<sub>a1</sub>, 231<sub>a2</sub>, 231<sub>a3</sub>) tenían su polo norte apuntando en la misma dirección circular (es decir, en dirección circular en sentido contrario a las manecillas del reloj).

Los tres ángulos  $\alpha_{1/2/3}$  formados respectivamente por i) los vectores ( $\overrightarrow{C_{241}C_{231-a1}}$ ,  $\overrightarrow{C_{241}C_{231-a2}}$ ,  $\overrightarrow{C_{241}C_{231-a3}}$ ) (es decir, los vectores entre el punto de proyección (C<sub>241</sub>) y el centro (C<sub>231-a1</sub>, C<sub>231-a2</sub> y C<sub>231-a3</sub>) de cada primer imán dipolo del primer dispositivo generador de campo magnético (230)) y ii) los vectores ( $\overrightarrow{h_{231-a1}}$ ,  $\overrightarrow{h_{231-a2}}$ ,  $\overrightarrow{h_{231-a3}}$ ), cuando se miden en una dirección en sentido contrario a las manecillas del reloj, son iguales entre sí, dichos ángulos  $\alpha_{1/2/3}$  son de 90°, es decir, los tres primeros imanes dipolo (231<sub>a1</sub>, 231<sub>a2</sub>, 231<sub>a3</sub>) tenían sus ejes magnéticos sustancialmente tangenciales al anillo (232) en la posición de su respectivo centro (C<sub>231-a1</sub>, C<sub>231-a2</sub> y C<sub>231-a3</sub>).

Los tres primeros imanes dipolo cúbicos (231<sub>a1</sub>, 231<sub>a2</sub>, 231<sub>a3</sub>) estaban distribuidos de manera uniforme alrededor del punto de proyección (C<sub>241</sub>) del centro del segundo imán dipolo cilíndrico (241). Los tres ángulos  $\beta$  formados respectivamente por los vectores  $\overrightarrow{C_{241}C_{231-a1}}$  (que corresponden a la línea recta del punto de proyección (C<sub>241</sub>) al centro C<sub>231-a1</sub> del primer imán dipolo cúbico (231<sub>a1</sub>)) y  $\overrightarrow{C_{241}C_{231-a2}}$ ; los vectores  $\overrightarrow{C_{241}C_{231-a2}}$  y  $\overrightarrow{C_{241}C_{231-a3}}$ ; y los vectores  $\overrightarrow{C_{241}C_{231-a3}}$  y  $\overrightarrow{C_{241}C_{231-a1}}$  eran iguales entre sí, en particular 120°.

Las distancias Y entre el punto de proyección (C<sub>241</sub>) del centro del segundo imán dipolo cilíndrico (241) y el centro (C<sub>231-a1</sub>, C<sub>231-a2</sub> y C<sub>231-a3</sub>) de cada uno de dichos tres primeros imanes dipolo cúbicos (231<sub>a1</sub>, 231<sub>a2</sub>, 231<sub>a3</sub>) son iguales entre sí, dichas distancias Y son 4,5 mm.

La matriz de soporte con forma cuadrada (233) tenía las siguientes dimensiones: 30 mm x 30 mm x 5,5 mm y estaba hecha de polioximetileno (POM). La matriz de soporte con forma cuadrada (233) comprendía tres indentaciones para sujetar los tres primeros imanes dipolo cúbicos (231<sub>a1</sub>, 231<sub>a2</sub>, 231<sub>a3</sub>), dichas indentaciones tienen la misma forma y dimensiones que dichos tres primeros imanes dipolo cúbicos (231<sub>a1</sub>, 231<sub>a2</sub>, 231<sub>a3</sub>) de forma que la superficie más elevada de dichos tres primeros imanes dipolo cúbicos (231<sub>a1</sub>, 231<sub>a2</sub>, 231<sub>a3</sub>) estaban al ras con la superficie más elevada de la matriz de soporte con forma cuadrada (233).

El segundo imán dipolo cilíndrico (241) tiene su eje magnético sustancialmente perpendicular al plano (P) y sustancialmente perpendicular al substrato (220) con su polo norte apuntando (es decir, orientando) hacia el substrato (220). El segundo imán dipolo cilíndrico (241) está dispuesto en contacto directo y por encima de la matriz de soporte con forma cuadrada (233).

El centro del primer dispositivo generador de campo magnético (230) y el centro del segundo dispositivo generador de campo magnético (240) estaban sustancialmente centrados entre sí y estaban sustancialmente centrados con respecto

al punto de proyección ( $C_{241}$ ) del centro del imán dipolo cilíndrico (241).

La distancia (e) de la superficie más elevada del segundo campo magnético generador (240) y de la superficie más baja del substrato (220) que orienta el dispositivo (200) era de 0,5 mm, es decir, la distancia entre la superficie más elevada del segundo imán dipolo cilíndrico (241) del segundo dispositivo generador de campo magnético (240) y la superficie más baja del substrato (220) era de 0,5 mm.

La distancia (d) (para fines de claridad no se muestra en la Fig. 2A) de la superficie más elevada del primer dispositivo generador de campo magnético (230), es decir, la superficie más elevada de los tres primeros imanes dipolo (231<sub>a1</sub>, 231<sub>a2</sub>, 231<sub>a3</sub>) (también corresponden a la superficie más elevada de la matriz de soporte con forma cuadrada (233)) y la superficie más baja del segundo dispositivo generador de campo magnético (240), es decir, el segundo imán dipolo cilíndrico (241), era de 0 mm.

La OEL resultante producida con el conjunto magnético (200) ilustrada en las Fig. 2A-B se muestra en la Fig. 2C en diferentes ángulos de visión al inclinar el substrato (220) entre -20° y +20°. La OEL así obtenida proporciona la impresión óptica de un anillo rodeado por tres cuerpos en forma de bucle cuya forma y brillo varían al inclinar la capa con efecto óptico (OEL).

### Ejemplo 2 (Fig. 3A-C)

El conjunto magnético (300) usado para preparar la capa con efecto óptico (OEL) del Ejemplo 2 en el substrato (320) se ilustra en las Fig. 3A-B. El conjunto magnético (300) se configuró para recibir el substrato (320) en una orientación sustancialmente paralela a un primer plano (P).

El conjunto magnético (300) comprende un primer dispositivo generador de campo magnético (330) que comprende seis primeros imanes dipolo cilíndricos (331<sub>a1</sub>, ..., 331<sub>a6</sub>) incorporados en una matriz de soporte con forma cuadrada (333), un segundo dispositivo generador de campo magnético (340) que comprende un segundo imán dipolo cilíndrico (341) y un tercero dispositivo generador de campo magnético (350) que comprende seis terceros imanes dipolo cilíndricos (351) incorporados en la matriz de soporte con forma cuadrada (333), en donde el segundo dispositivo generador de campo magnético (340) está dispuesto por encima del primer dispositivo generador de campo magnético (330).

Los seis primeros imanes dipolo cilíndricos (331<sub>a1</sub>, ..., 331<sub>a6</sub>) del primer dispositivo generador de campo magnético (330) y los seis terceros imanes dipolo cilíndricos (351) del tercero dispositivo generador de campo magnético (350) tenían las siguientes dimensiones: 2 mm (diámetro) x 2 mm (espesor) y estaban hechos de NdFeB N45. Como se muestra en la Fig. 3B, los seis primeros imanes dipolo cilíndricos (331<sub>a1</sub>, ..., 331<sub>a6</sub>) estaban dispuestos de forma que cada uno de sus centros ( $C_{331-a1}$ , ...,  $C_{331-a6}$ ) estaban dispuestos en un anillo (332) en el plano (P) que es sustancialmente paralelo al substrato (320).

El segundo imán dipolo cilíndrico (341) del segundo dispositivo generador de campo magnético (340) tenía las siguientes dimensiones: 4 mm (X, diámetro) x 3 mm (Z, espesor) y estaba hecho de NdFeB N45. La proyección del centro del segundo imán dipolo cilíndrico (341) en el plano (P) estaba localizada en el punto de proyección ( $C_{341}$ ) y estaba dispuesta simétricamente dentro del anillo (332), es decir, el punto de proyección ( $C_{341}$ ) también corresponde al centro del anillo simétrico (332).

Los seis primeros imanes dipolo cilíndricos (331<sub>a1</sub>, ..., 331<sub>a6</sub>) del primer dispositivo generador de campo magnético (330) tenían sus ejes magnéticos sustancialmente paralelos al plano (P), sustancialmente paralelos al substrato (320), sustancialmente perpendiculares al eje magnético del segundo imán dipolo cilíndrico (341) del segundo dispositivo generador de campo magnético (340) y sustancialmente perpendiculares al eje magnético de los seis terceros imanes dipolo cilíndricos (351) del tercero dispositivo generador de campo magnético (350). Como se muestra en la Fig. 3B, los seis primeros imanes dipolo cilíndricos (331<sub>a1</sub>, ..., 331<sub>a3</sub>) tenían su polo norte apuntando en la misma dirección circular (es decir, en dirección circular en sentido contrario a las manecillas del reloj).

Los seis ángulos  $\alpha_{1-6}$  formados respectivamente por i) los vectores ( $\overrightarrow{C_{341}C_{331-a1}}, \dots, \overrightarrow{C_{341}C_{331-a6}}$ ) (es decir, los vectores entre el punto de proyección ( $C_{341}$ ) y el centro ( $C_{331-a1}, \dots, C_{331-a6}$ ) de cada imán dipolo respectivo del primer dispositivo generador de campo magnético (330)) y ii) los vectores ( $\overrightarrow{h_{331-a1}}, \dots, \overrightarrow{h_{331-a6}}$ ), cuando se miden en una dirección en sentido contrario a las manecillas del reloj, son iguales entre sí, en particular de 90°, es decir, los seis primeros imanes dipolo (331<sub>a1</sub>, ..., 331<sub>a6</sub>) tienen sus ejes magnéticos sustancialmente tangenciales al anillo (332) en la posición de su respectivo centro ( $C_{331-a1}, \dots, C_{331-a6}$ ).

Los seis primeros imanes dipolo cilíndricos (331<sub>a1</sub>, ..., 331<sub>a6</sub>) estaban distribuidos de manera uniforme alrededor del punto de proyección ( $C_{341}$ ) del centro del segundo imán dipolo cilíndrico (341). Los seis ángulos  $\beta$  formados respectivamente por los vectores ( $\overrightarrow{C_{341}C_{331-a1}}$  (que corresponden a la línea recta del punto de proyección ( $C_{341}$ ) al centro  $C_{331-a1}$  del primer imán dipolo cilíndrico (331<sub>a1</sub>)) y ( $\overrightarrow{C_{341}C_{231-a2}}$ ; los vectores ( $\overrightarrow{C_{341}C_{331-a2}}$  y ( $\overrightarrow{C_{341}C_{331-a3}}$ ; los vectores ( $\overrightarrow{C_{341}C_{331-a3}}$  y ( $\overrightarrow{C_{341}C_{331-a4}}$ ; los vectores ( $\overrightarrow{C_{341}C_{331-a4}}$  y ( $\overrightarrow{C_{341}C_{331-a5}}$ ; los vectores ( $\overrightarrow{C_{341}C_{331-a5}}$  y ( $\overrightarrow{C_{341}C_{331-a6}}$ ; y los vectores ( $\overrightarrow{C_{341}C_{331-a6}}$  y ( $\overrightarrow{C_{341}C_{331-a1}}$  eran

- iguales entre sí, en particular 60°.
- Las distancias Y entre el punto de proyección ( $C_{341}$ ) del centro del segundo imán dipolo cilíndrico (341) y el centro ( $C_{331_{a1}}, \dots, C_{331_{a6}}$ ) de cada uno de dichos seis primeros imanes dipolo cilíndricos ( $331_{a1}, \dots, 331_{a6}$ ) eran iguales entre sí, dichas distancias Y eran de 5 mm.
- Los seis terceros imanes dipolo cilíndricos (351) del tercer dispositivo generador de campo magnético (350) estaban dispuestos de forma que cada centro ( $C_{351}$ ) de dichos imanes estaba dispuesto en el anillo (332). Los seis terceros imanes dipolo cilíndricos (351) del tercer dispositivo generador de campo magnético (350) tenían sus ejes magnéticos sustancialmente perpendiculares al plano (P), sustancialmente perpendiculares al substrato (320), substancialmente perpendiculares a los ejes magnéticos de los seis primeros imanes dipolo cilíndricos ( $331_{a1}, \dots, 331_{a6}$ ) del primer dispositivo generador de campo magnético (330) y sustancialmente paralelos al eje magnético del segundo imán dipolo cilíndrico (341) del segundo dispositivo generador de campo magnético (340) con el polo norte apuntando (es decir, orientando) hacia el substrato (320).
- Los seis terceros imanes dipolo cilíndricos (351) del tercer dispositivo generador de campo magnético (350) estaban distribuidos de manera uniforme del anillo (332) y alrededor del punto de proyección ( $C_{341}$ ) del centro del segundo imán dipolo cilíndrico (341). Los ángulos y formados respectivamente por los vectores  $\overrightarrow{C_{341}C_{331_{ax}}}$  ( $x = 1-6$ ) (que corresponden a las líneas rectas del punto de proyección ( $C_{341}$ ) al centro  $C_{331_{ax}}$  de un primer imán dipolo (331<sub>ax</sub>)) y  $\overrightarrow{C_{341}C_{351}}$  (que corresponde a la línea recta del punto de proyección ( $C_{341}$ ) al centro de un tercer imán dipolo cilíndrico adyacente (351)) eran iguales entre sí, dicho valor es de 30°.
- Las distancias entre el punto de proyección ( $C_{341}$ ) del centro del segundo imán dipolo cilíndrico (341) y el centro de cada uno de los seis terceros imanes dipolo cilíndricos (351) eran iguales entre sí, dichas distancias eran de 5 mm.
- La matriz de soporte con forma cuadrada (333) tenía las siguientes dimensiones: 30 mm x 30 mm x 6 mm y estaba hecha de polioximetileno (POM). La matriz de soporte con forma cuadrada (333) estaba comprendida de doce indentaciones cúbicas para sujetar los seis primeros imanes dipolo cilíndricos ( $331_{a1}, \dots, 331_{a6}$ ) y los seis terceros imanes dipolo cilíndricos (351), dichas indentaciones tenían las siguientes dimensiones: 2 mm x 2 mm x 2 mm de forma que la superficie más elevada de dichos doce imanes dipolo cilíndricos ( $331_{a1}, \dots, 331_{a6}$  y 351) estaban al ras con la superficie más elevada de la matriz de soporte con forma cuadrada (333).
- Los segundos imanes dipolo cilíndricos (341) tenían sus ejes magnéticos sustancialmente perpendiculares al plano (P), perpendiculares al substrato (320), substancialmente perpendiculares a los ejes magnéticos de los seis primeros imanes dipolo cilíndricos ( $331_{a1}, \dots, 331_{a6}$ ) del primer conjunto magnético (330), sustancialmente paralelos al eje magnético de los seis terceros imanes dipolo cilíndricos (351) del tercer conjunto magnético (350) con su polo norte apuntando (es decir, orientando) hacia el substrato (320). El segundo imán dipolo cilíndrico (341) está dispuesto en contacto directo y por encima de la matriz de soporte con forma cuadrada (333).
- El centro del primer dispositivo generador de campo magnético (330) y el centro del segundo dispositivo generador de campo magnético (340) estaban sustancialmente centrados entre sí y estaban sustancialmente centrados con respecto al punto de proyección ( $C_{341}$ ) del centro del imán dipolo cilíndrico (341).
- La distancia (e) de la superficie más elevada del segundo campo magnético generador (340) y de la superficie más baja del substrato (320) que orienta el dispositivo (300) era de 0,6 mm, es decir, la distancia de la superficie más elevada del segundo imán dipolo cilíndrico (341) del segundo dispositivo generador de campo magnético (340) y la superficie más baja del substrato (320) era de 0,6 mm.
- La distancia (d) (para fines de claridad no se muestra en la Fig. 3A) la superficie más elevada del primer dispositivo generador de campo magnético (330), es decir, la superficie más elevada de los doce imanes dipolo cilíndricos (331 y 351) del primer y tercer dispositivo generador de campo magnético (330 y 350) (también corresponden a la superficie más elevada de la matriz de soporte con forma cuadrada (333)) y la superficie más baja del segundo dispositivo generador de campo magnético (340), es decir, la superficie más baja del segundo imán dipolo cilíndrico (341), era de 0 mm.
- La OEL resultante producida con el conjunto magnético (300) ilustrada en las Fig. 3A-B se muestra en la Fig. 3C en diferentes ángulos de visión al inclinar el substrato (320) entre -20° y +20°. La OEL así obtenida proporciona la impresión óptica de un anillo rodeado por seis cuerpos en forma de bucle cuya forma y brillo varían al inclinar la capa con efecto óptico (OEL).
- Ejemplo 3 (Fig. 4A-C)**
- El conjunto magnético (400) usado para preparar la capa con efecto óptico (OEL) del Ejemplo 3 en el substrato (420) se ilustra en las Fig. 4A-B. El conjunto magnético (400) se configuró para recibir el substrato (420) en una orientación paralela a un primer plano (P).

El conjunto magnético (400) comprende un primer dispositivo generador de campo magnético (430) que comprende ocho primeros imanes dipolo cilíndricos (431<sub>a1</sub>, ..., 431<sub>a8</sub>) incorporados en una matriz de soporte con forma cuadrada (433), un segundo dispositivo generador de campo magnético (440) que comprende un segundo imán dipolo cilíndrico (441) y un tercero dispositivo generador de campo magnético (450) que comprende cuatro terceros imanes dipolo cilíndricos (451) incorporados en la matriz de soporte con forma cuadrada (433), en donde el segundo dispositivo generador de campo magnético (440) está dispuesto por encima del primer dispositivo generador de campo magnético (430).

Los ocho primeros imanes dipolo cilíndricos (431<sub>a1</sub>, ..., 431<sub>a8</sub>) del primer dispositivo generador de campo magnético (430) y los cuatro terceros imanes dipolo cilíndrico (451) del tercero dispositivo generador de campo magnético (450) tenían las siguientes dimensiones: 2 mm (diámetro) x 2 mm (espesor) y estaban hechos de NdFeB N45. Como se muestra en la Fig. 4B, los ocho primeros imanes dipolo (431<sub>a1</sub>, ..., 431<sub>a8</sub>) están dispuestos de forma que cada uno de sus centros (C<sub>431-a1</sub>, ..., C<sub>431-a8</sub>) está dispuesto en un bucle, en el plano (P) que es sustancialmente paralelo al substrato (420).

El segundo imán dipolo cilíndrico (441) del segundo dispositivo generador de campo magnético (440) tenía las siguientes dimensiones: 4 mm (X, diámetro) x 3 mm (Z, espesor) y estaba hecho de NdFeB N45. La proyección del centro del segundo imán dipolo cilíndrico (441) del segundo dispositivo generador de campo magnético (440) en el plano (P) estaba localizada en el punto de proyección (C<sub>441</sub>) y estaba dispuesta simétricamente dentro del anillo (432), es decir, el punto de proyección (C<sub>441</sub>) también corresponde al centro del anillo simétrico (432).

Los ocho primeros imanes dipolo cilíndricos (431<sub>a1</sub>, ..., 431<sub>a8</sub>) del primer dispositivo generador de campo magnético (430) tenían sus ejes magnéticos sustancialmente paralelos al plano (P), sustancialmente perpendiculares al eje magnético del segundo imán dipolo cilíndrico (441) del segundo dispositivo generador de campo magnético (440) y sustancialmente perpendiculares al eje magnético de los cuatro terceros imanes dipolo cilíndricos (451) del tercero dispositivo generador de campo magnético (450). Como se muestra en la Fig. 4B, los ocho primeros imanes dipolo cilíndricos (431<sub>a1</sub>, ..., 431<sub>a8</sub>) tenían su polo norte apuntando en la misma dirección circular (es decir, en dirección circular en sentido contrario a las manecillas del reloj).

Los ocho ángulos  $\alpha_{1-8}$  formados respectivamente por i) los vectores ( $\overrightarrow{C_{441}C_{431-a1}}, \dots, \overrightarrow{C_{441}C_{431-a8}}$ ) (es decir, los vectores entre el punto de proyección (C<sub>441</sub>) al centro (C<sub>431-a1</sub>, ..., C<sub>431-a8</sub>) de cada imán dipolo respectivo del primer dispositivo generador de campo magnético (430)) y ii) los vectores ( $\overrightarrow{h_{431-a1}}, \dots, \overrightarrow{h_{431-a8}}$ ), cuando se miden en una dirección en sentido contrario a las manecillas del reloj, son iguales entre sí, en particular de 90°, es decir, los ocho primeros imanes dipolo (431<sub>a1</sub>, ..., 431<sub>a8</sub>) tienen sus ejes magnéticos sustancialmente tangenciales al anillo (432) en la posición de su respectivo centro (C<sub>431-a1</sub>, ..., C<sub>431-a8</sub>).

Los ocho primeros imanes dipolo cilíndricos (431<sub>a1</sub>, ..., 431<sub>a8</sub>) del primer dispositivo generador de campo magnético (430) y los cuatro terceros imanes dipolo cilíndrico (451) del tercero dispositivo generador de campo magnético (450) estaban dispuestos de forma regular en el anillo (432). Cuatro juegos de dos primeros imanes dipolo (431<sub>a1/a2</sub>, 431<sub>a3/a4</sub>; 431<sub>a5/a6</sub>; 431<sub>a7/a8</sub>) del primer dispositivo generador de campo magnético (430) y un tercer imán dipolo cilíndrico (451) del tercero dispositivo generador de campo magnético (450) estaban dispuestos en el cuerpo con forma de anillo (432) de una forma alternante.

Los ocho primeros imanes dipolo cilíndricos (431<sub>a1</sub>, ..., 431<sub>a8</sub>) estaban distribuidos de manera uniforme alrededor del punto de proyección (C<sub>441</sub>) del centro del segundo imán dipolo cilíndrico (441). Los cuatro ángulos  $\beta_1$  formados respectivamente por los vectores  $\overrightarrow{C_{441}C_{331-a1}}$  (que corresponden a la línea recta del punto de proyección (C<sub>441</sub>) al centro C<sub>431-a1</sub> del primer imán dipolo cilíndrico (431<sub>a1</sub>)) y  $\overrightarrow{C_{441}C_{431-a2}}$ ; los vectores  $\overrightarrow{C_{441}C_{431-a3}}$  y  $\overrightarrow{C_{441}C_{431-a4}}$ ; los vectores  $\overrightarrow{C_{441}C_{431-a5}}$  y  $\overrightarrow{C_{441}C_{431-a6}}$ ; y los vectores  $\overrightarrow{C_{441}C_{431-a7}}$  y  $\overrightarrow{C_{441}C_{431-a8}}$  eran iguales entre sí, en particular 30°. Los cuatro ángulos  $\beta_2$  formados respectivamente por los vectores  $\overrightarrow{C_{441}C_{431-a2}}$  (que corresponden a la línea recta del punto de proyección (C<sub>441</sub>) al centro C<sub>431-a2</sub> del primer imán dipolo cilíndrico (431<sub>a2</sub>)) y  $\overrightarrow{C_{441}C_{431-a3}}$ ; los vectores  $\overrightarrow{C_{441}C_{431-a4}}$  y  $\overrightarrow{C_{441}C_{431-a5}}$ ; los vectores  $\overrightarrow{C_{441}C_{431-a6}}$  y  $\overrightarrow{C_{441}C_{431-a7}}$ ; y los vectores  $\overrightarrow{C_{441}C_{431-a8}}$  y  $\overrightarrow{C_{441}C_{431-a1}}$  eran iguales entre sí, en particular 60°.

Las distancias Y entre el punto de proyección (C<sub>441</sub>) del centro del segundo imán dipolo cilíndrico (441) y el centro (C<sub>431-a1</sub>, ..., C<sub>431-a8</sub>) de cada uno de dichos ocho primeros imanes dipolo cilíndricos (431<sub>a1</sub>, ..., 431<sub>a8</sub>) eran iguales entre sí, dichas distancias Y eran de 5 mm.

Los cuatro terceros imanes dipolo cilíndricos (451) del tercero dispositivo generador de campo magnético (450) estaban dispuestos de forma que cada centro (C<sub>451</sub>) de dichos imanes estaba dispuesto en el anillo (432). Los cuatro terceros imanes dipolo cilíndricos (451) del tercero dispositivo generador de campo magnético (450) tenían sus ejes magnéticos sustancialmente perpendiculares al plano (P), sustancialmente perpendiculares al substrato (420), sustancialmente perpendiculares a los ejes magnéticos de los ocho primeros imanes dipolo (431<sub>a1</sub>, ..., 431<sub>a8</sub>) del primer dispositivo generador de campo magnético (430) y sustancialmente paralelos al eje magnético del segundo imán dipolo (441) del segundo dispositivo generador de campo magnético (440) con el polo norte apuntando (es decir, orientando) hacia el substrato (420).

- Los cuatro terceros imanes dipolo cilíndricos (451) del tercer dispositivo generador de campo magnético (450) estaban distribuidos de manera uniforme en el anillo (432) y alrededor del punto de proyección (C<sub>441</sub>) del centro del segundo imán dipolo cilíndrico (441). Los ángulos y formados respectivamente por los vectores  $\overrightarrow{C_{441}C_{431-ax}}$  (que corresponde a la línea recta del punto de proyección (C<sub>441</sub>) al centro C<sub>431-ax</sub> de un primer imán dipolo (431<sub>ax</sub>)) y  $\overrightarrow{C_{441}C_{451}}$  (que corresponde a la línea recta del punto de proyección (C<sub>441</sub>) al centro de un tercer imán dipolo cilíndrico adyacente (451)) eran iguales entre sí, dicho valor es de 30°.
- Las distancias entre el punto de proyección (C<sub>441</sub>) del centro del segundo imán dipolo cilíndrico (441) y el centro de cada uno de los cuatro terceros imanes dipolo cilíndricos (451) eran iguales entre sí, dichas distancias eran de 5 mm.
- La matriz de soporte con forma cuadrada (433) tenía las siguientes dimensiones: 30 mm x 30 mm x 6 mm y estaba hecha de polioximetileno (POM). La matriz de soporte con forma cuadrada (433) estaba comprendida de doce indentaciones cúbicas para sujetar los ocho primeros imanes dipolo cilíndricos (431<sub>a1</sub>, ..., 431<sub>a8</sub>) y los cuatro terceros imanes dipolo cilíndricos (451), dichas indentaciones tenían las siguientes dimensiones: 2 mm x 2 mm x 2 mm de forma que la superficie más elevada de dichos doce imanes dipolo cilíndricos (431<sub>a1</sub>, ..., 431<sub>a8</sub> y 451) estaban al ras con la superficie más elevada de la matriz de soporte con forma cuadrada (433).
- Los segundos imanes dipolo cilíndricos (441) tenían sus ejes magnéticos sustancialmente perpendiculares al plano (P), perpendiculares al substrato (420), substancialmente perpendiculares a los ejes magnéticos de los ocho primeros imanes dipolo cilíndricos (431<sub>a1</sub>, ..., 431<sub>a8</sub>) del primer conjunto magnético (430), sustancialmente paralelos al eje magnético de los cuatro terceros imanes dipolo cilíndricos (451) del tercer conjunto magnético (450) con su polo norte apuntando (es decir, orientando) hacia el substrato (420). El segundo imán dipolo cilíndrico (441) está dispuesto en contacto directo y por encima de la matriz de soporte con forma cuadrada (433).
- El centro del primer dispositivo generador de campo magnético (430) y el centro del segundo dispositivo generador de campo magnético (440) estaban sustancialmente centrados entre sí y estaban sustancialmente centrados con respecto al punto de proyección (C<sub>441</sub>) del centro del imán dipolo cilíndrico (441).
- La distancia (e) de la superficie más elevada del segundo campo magnético generador (440) y de la superficie más baja del substrato (420) que orienta el dispositivo (400) era de 0,6 mm, es decir, la distancia de la superficie más elevada del segundo imán dipolo cilíndrico (441) del segundo dispositivo generador de campo magnético (340) y la superficie más baja del substrato (420) era de 0,6 mm.
- La distancia (d) (para fines de claridad no se muestra en la Fig. 4A) la superficie más elevada del primer dispositivo generador de campo magnético (430), es decir, la superficie más elevada de los doce imanes dipolo cilíndricos (431 y 451) del primer y tercer dispositivo generador de campo magnético (430 y 450) (también corresponden a la superficie más elevada de la matriz de soporte con forma cuadrada (433)) y la superficie más baja del segundo dispositivo generador de campo magnético (440), es decir, la superficie más baja del segundo imán dipolo cilíndrico (441), era de 0 mm.
- La OEL resultante producida con el conjunto magnético (400) ilustrada en las Fig. 4A-B se muestra en la Fig. 4C en diferentes ángulos de visión al inclinar el substrato (420) entre -20° y +20°. La OEL así obtenida proporciona la impresión óptica de un anillo rodeado por cuatro cuerpos en forma de bucle cuya forma y brillo varían al inclinar la capa con efecto óptico (OEL).
- Ejemplo 4 (Fig. 5A-C)**
- El conjunto magnético (500) usado para preparar la capa con efecto óptico (OEL) del Ejemplo 4 en el substrato (520) se ilustra en las Fig. 5A-B. El conjunto magnético (500) se configuró para recibir el substrato (520) en una orientación paralela a un primer plano (P).
- El conjunto magnético (500) comprende un primer dispositivo generador de campo magnético (530) que comprende nueve primeros imanes dipolo cilíndricos (531<sub>a1</sub>, ..., 531<sub>a9</sub>) incorporados en una matriz de soporte con forma cuadrada (533), un segundo dispositivo generador de campo magnético (540) que comprende un imán dipolo cilíndrico (541), un tercer dispositivo generador de campo magnético (550) que comprende tres terceros imanes dipolo cilíndricos (551) incorporados en la matriz de soporte con forma cuadrada (533), una pieza polar con forma cuadrada (560) y un cuarto dispositivo generador de campo magnético (570) que comprende un cuarto imán dipolo con forma de disco (571). El segundo dispositivo generador de campo magnético (540) también estaba dispuesto por encima del primer dispositivo generador de campo magnético (530), el primer dispositivo generador de campo magnético (530) estaba dispuesto por encima de la pieza polar con forma cuadrada (560) y la pieza polar con forma cuadrada (560) estaba dispuesta por encima del cuarto dispositivo generador de campo magnético (570).
- Los nueve primeros imanes dipolo cilíndricos (531<sub>a1</sub>, ..., 531<sub>a9</sub>) del primer dispositivo generador de campo magnético (530) y los tres terceros imanes dipolo cilíndricos (551) del tercer dispositivo generador de campo magnético (550) tenían las siguientes dimensiones: 2 mm (diámetro) x 2 mm (espesor) y estaban hechos de NdFeB N45. Como se muestra en la Fig. 5B, los nueve primeros imanes dipolo cilíndricos (531<sub>a1</sub>, ..., 531<sub>a9</sub>) estaban dispuestos de forma que cada uno de sus

centros ( $C_{531-a1}$ , ...,  $C_{531-a9}$ ) estaban dispuestos en un anillo (532) en el plano (P) que es sustancialmente paralelo al substrato (520).

5 El segundo imán dipolo cilíndrico (541) del segundo dispositivo generador de campo magnético (540) tenía las siguientes dimensiones: 4 mm (X, diámetro) x 3 mm (Z, espesor) y estaba hecho de NdFeB N45. La proyección del centro del segundo imán dipolo cilíndrico (541) en el plano (P) estaba localizada en el punto de proyección ( $C_{541}$ ) y estaba dispuesta simétricamente dentro del anillo (532), es decir, el punto de proyección ( $C_{541}$ ) también corresponde al centro del anillo simétrico (532).

10 Los nueve primeros imanes dipolo cilíndricos ( $531_{a1}$ , ...,  $531_{a9}$ ) del primer dispositivo generador de campo magnético (530) tenían sus ejes sustancialmente paralelos al plano (P), sustancialmente paralelos al substrato (520), sustancialmente perpendiculares al eje magnético del segundo imán dipolo cilíndrico

15 (541) del segundo dispositivo generador de campo magnético (540) y sustancialmente perpendicular al eje magnético de los tres terceros imanes dipolo cilíndricos (551) del tercer dispositivo generador de campo magnético (550). Como se muestra en la Fig. 5B, los nueve primeros imanes dipolo cilíndricos ( $531_{a1}$ , ...,  $531_{a9}$ ) tenían su polo norte apuntando en la misma dirección circular (es decir, en dirección circular en sentido contrario a las manecillas del reloj).

20 Los nueve primeros imanes dipolo ( $531_{a1}$ , ...,  $531_{a9}$ ) están distribuidos alrededor del punto de proyección ( $C_{541}$ ) del centro del segundo imán dipolo (541). Los nueve ángulos  $\alpha_{1-9}$  formados respectivamente por i) los vectores ( $\overrightarrow{C_{541}C_{531-a1}}$ , ...,  $25 \overrightarrow{C_{541}C_{531-a9}}$ ) (es decir, los vectores entre el punto de proyección ( $C_{541}$ ) y el centro ( $C_{531-a1}$ , ...,  $C_{531-a9}$ ) de cada imán dipolo respectivo del primer dispositivo generador de campo magnético (530)) y ii) los vectores ( $\overrightarrow{h_{531-a1}}$ , ...,  $\overrightarrow{h_{531-a9}}$ ), cuando se miden en una dirección en sentido contrario a las manecillas del reloj, son iguales entre sí, en particular de  $90^\circ$ , es decir, los nueve primeros imanes dipolo ( $531_{a1}$ , ...,  $531_{a9}$ ) tenían sus ejes magnéticos sustancialmente tangenciales al anillo (532) en la posición de su respectivo centro ( $C_{531-a1}$ , ...,  $C_{531-a9}$ ).

30 Los nueve primeros imanes dipolo cilíndricos ( $531_{a1}$ , ...,  $531_{a9}$ ) del primer dispositivo generador de campo magnético (530) y los tres terceros imanes dipolo cilíndrico (551) del tercer dispositivo generador de campo magnético (550) estaban dispuestos de forma regular en el anillo (532). Tres juegos de tres primeros imanes dipolo cilíndrico ( $531_{a1/a2/a3}$ ;  $531_{a4/a5/a6}$ ;  $531_{a7/a8/a9}$ ) del primer dispositivo generador de campo magnético (530) y un tercer imán dipolo cilíndrico (551) del tercer dispositivo generador de campo magnético (550) estaban dispuestos de una forma alternante en el anillo (532).

35 Los nueve primeros imanes dipolo cilíndricos ( $531_{a1}$ , ...,  $531_{a9}$ ) estaban distribuidos de manera uniforme alrededor del punto de proyección ( $C_{541}$ ) del centro del imán dipolo cilíndrico (541). Los seis ángulos  $\beta_1$  formados respectivamente por los vectores  $\overrightarrow{C_{541}C_{531-a1}}$  (que corresponden a la línea recta del punto de proyección ( $C_{541}$ ) al centro  $C_{531-a1}$  del primer imán dipolo cilíndrico ( $531_{a1}$ )) y  $\overrightarrow{C_{541}C_{531-a2}}$ ; los vectores  $\overrightarrow{C_{541}C_{531-a2}}$  y  $\overrightarrow{C_{541}C_{531-a3}}$ ; los vectores  $\overrightarrow{C_{541}C_{531-a4}}$  y  $\overrightarrow{C_{541}C_{531-a5}}$ ; los vectores  $\overrightarrow{C_{541}C_{531-a5}}$  y  $\overrightarrow{C_{541}C_{551-a6}}$ ; los vectores  $\overrightarrow{C_{541}C_{531-a7}}$  y  $\overrightarrow{C_{541}C_{551-a8}}$ ; y los vectores  $\overrightarrow{C_{541}C_{531-a8}}$  y  $\overrightarrow{C_{541}C_{551-a9}}$  eran iguales entre sí, en particular  $30^\circ$ . Los tres ángulos  $\beta_2$  formados respectivamente por los vectores  $\overrightarrow{C_{541}C_{531-a3}}$  (que corresponden a la línea recta del punto de proyección ( $C_{441}$ ) al centro  $C_{431-a3}$  del primer imán dipolo cúbico ( $531_{a1}$ )) y  $\overrightarrow{C_{541}C_{531-a4}}$ ; los vectores  $\overrightarrow{C_{541}C_{531-a6}}$  y  $\overrightarrow{C_{541}C_{531-a7}}$ ; y los vectores  $\overrightarrow{C_{541}C_{531-a9}}$  y  $\overrightarrow{C_{541}C_{531-a1}}$  eran iguales entre sí, en particular  $60^\circ$ .

40 Las distancias Y entre el punto de proyección ( $C_{541}$ ) del centro del segundo imán dipolo cilíndrico (541) y el centro ( $C_{531-a1}$ , ...,  $C_{531-a9}$ ) de cada uno de dichos nueve imanes dipolo cilíndricos ( $531_{a1}$ , ...,  $531_{a9}$ ) eran iguales entre sí, dichas distancias eran de 5 mm.

45 Los tres terceros imanes dipolo cilíndricos (551) del tercer dispositivo generador de campo magnético (550) estaban dispuestos de forma que cada centro ( $C_{551}$ ) de dichos imanes estaba dispuesto en el anillo (532). Los tres terceros imanes dipolo cilíndricos (551) del tercer dispositivo generador de campo magnético (550) tenían sus ejes magnéticos sustancialmente perpendiculares al plano (P), sustancialmente perpendiculares al substrato (520), sustancialmente perpendiculares a los ejes magnéticos de los nueve primeros imanes dipolo cilíndricos ( $531_{a1}$ , ...,  $531_{a9}$ ) del primer dispositivo generador de campo magnético (530) y sustancialmente paralelos al eje magnético del segundo imán dipolo cilíndrico (541) del segundo dispositivo generador de campo magnético (540) con el polo norte apuntando (es decir, orientando) hacia el substrato (520).

50 55 Los tres terceros imanes dipolo cilíndricos (551) del tercer dispositivo generador de campo magnético (550) estaban distribuidos de manera uniforme en el anillo (532) y alrededor del punto de proyección ( $C_{541}$ ) del centro del imán dipolo cilíndrico (541). Los ángulos  $\gamma$  formados respectivamente por los vectores  $\overrightarrow{C_{541}C_{531-ax}}$  (que corresponden a la línea recta del punto de proyección ( $C_{541}$ ) al centro  $C_{531-ax}$  de un primer imán dipolo ( $531_{ax}$ )) y  $\overrightarrow{C_{541}C_{551}}$  (que corresponde a la línea recta del punto de proyección ( $C_{541}$ ) al centro de un tercer imán dipolo cilíndrico adyacente (551)) son iguales entre sí, dicho valor es de  $30^\circ$ .

Las distancias entre el punto de proyección ( $C_{541}$ ) del centro del segundo imán dipolo cilíndrico (541) y el centro de cada uno de los tres terceros imanes dipolo cilíndricos (551) eran iguales entre sí, dichas distancias eran de 5 mm.

- 5 La matriz de soporte con forma cuadrada (533) tenía las siguientes dimensiones: 30 mm x 30 mm x 6 mm y estaba hecha de polioximetileno (POM). La matriz de soporte con forma cuadrada (533) estaba comprendida de doce indentaciones cúbicas para sujetar los nueve primeros imanes dipolo cilíndricos (531<sub>a1</sub>, ..., 531<sub>a9</sub>) y los tres terceros imanes dipolo cilíndricos (551), dichas indentaciones tenían las siguientes dimensiones: 2 mm x 2 mm x 2 mm de forma que la superficie más elevada de dichos doce imanes dipolo cilíndricos (531<sub>a1</sub>, ..., 531<sub>a9</sub> y 551) estaban al ras con la superficie más elevada de la matriz de soporte con forma cuadrada (533).

10 Los segundos imanes dipolo cilíndricos (541) tenían sus ejes magnéticos sustancialmente perpendiculares al plano (P), perpendiculares al substrato (520), substancialmente perpendiculares a los ejes magnéticos de los seis primeros imanes dipolo cilíndricos (531<sub>a1</sub>, ..., 531<sub>a9</sub>) del primer conjunto magnético (530), sustancialmente paralelos al eje magnético de los tres terceros imanes dipolo cilíndricos (551) del tercer conjunto magnético (550) con su polo norte apuntando (es decir, orientando) hacia el substrato (520). El segundo imán dipolo cilíndrico (541) está dispuesto en contacto directo y por encima de la matriz de soporte con forma cuadrada (533).

15 20 La pieza polar con forma cuadrada (560) tenía las siguientes dimensiones: 30 mm x 30 mm x 1 mm y estaba hecha de hierro.

25 El imán dipolo con forma de disco (571) del cuarto dispositivo generador de campo magnético (570) tenía las siguientes dimensiones: 15 mm (X, diámetro) x 1 mm (Z, espesor) y estaba hecho de NdFeB N35. El cuarto imán dipolo con forma de disco (571) del cuarto dispositivo generador de campo magnético (570) tiene sus ejes magnéticos sustancialmente perpendiculares al plano (P), sustancialmente perpendiculares al substrato (520) y sustancialmente perpendiculares al eje magnético de los nueve primeros imanes dipolo cilíndricos (531<sub>a1</sub>, ..., 531<sub>a9</sub>) del primer conjunto magnético (530) con su polo sur apuntando (es decir, orientando) hacia el substrato (520).

30 35 El centro del primer dispositivo generador de campo magnético (530) y el centro del segundo dispositivo generador de campo magnético (540) estaban sustancialmente centrados entre sí y estaban sustancialmente centrados con respecto al punto de proyección ( $C_{541}$ ) del centro del imán dipolo cilíndrico (541). El centro de la pieza polar con forma cuadrada (560) y el centro del cuarto imán dipolo con forma cuadrada (571) estaban sustancialmente centrados entre sí y estaban sustancialmente centrados con respecto al punto de proyección ( $C_{541}$ ) del centro del imán dipolo cilíndrico (541).

40 45 La distancia (e) de la superficie más elevada del segundo dispositivo generador de campo magnético (540), es decir, la superficie más elevada del segundo imán dipolo cilíndrico (541), y la superficie más baja del substrato (520) que orienta al dispositivo (500) era de 0,6 mm.

50 55 La distancia (d) (para fines de claridad no se muestra en la Fig. 5A) la superficie más elevada del primer dispositivo generador de campo magnético (530), es decir, la superficie más elevada de los doce imanes dipolo cilíndricos (531 y 551) del primer y tercer dispositivo generador de campo magnético (530 y 550) (también corresponden a la superficie más elevada de la matriz de soporte con forma cuadrada (533)) y la superficie más baja del segundo dispositivo generador de campo magnético (540), es decir, la superficie más baja del segundo imán dipolo cilíndrico (541), era de 0 mm.

60 65 La distancia (f) de la superficie más baja del primer dispositivo generador de campo magnético (530), es decir, la superficie más baja de la matriz de soporte con forma cuadrada (533), y la superficie más elevada de la pieza polar con forma cuadrada (560) era de 0 mm, es decir, la matriz de soporte con forma cuadrada (533) y la pieza polar con forma cuadrada (560) estaban en contacto directo (la distancia de la superficie más baja de los doce imanes dipolo cilíndricos (531 y 551) y la superficie más elevada de la pieza polar con forma cuadrada (560) era de aproximadamente 4 mm).

50 55 La distancia (h) de la superficie más baja de la pieza polar con forma cuadrada (560) y la superficie más elevada del cuarto dispositivo generador de campo magnético (570), es decir, la superficie más elevada del cuarto imán dipolo con forma de disco (571), era preferentemente de 0 mm, es decir, la pieza polar con forma cuadrada (560) y el cuarto imán dipolo con forma de disco (571) estaban en contacto directo.

60 65 La OEL resultante producida con el conjunto magnético (500) ilustrada en las Fig. 5A-B se muestra en la Fig. 5C en diferentes ángulos de visión al inclinar el substrato (520) entre -20° y +20°. La OEL así obtenida proporciona la impresión óptica de un anillo rodeado por tres cuerpos en forma de bucle cuya forma y brillo varían al inclinar la capa con efecto óptico (OEL).

#### Ejemplo 5 (Fig. 6A-C)

65 El conjunto magnético (600) usado para preparar la capa con efecto óptico (OEL) del Ejemplo 5 en el substrato (620) se ilustra en las Fig. 6A-B. El conjunto magnético (600) se configuró para recibir el substrato (620) en una orientación paralela a un primer plano (P).

- El conjunto magnético (600) comprende un primer dispositivo generador de campo magnético (630) que comprende tres primeros imanes dipolo cúbicos (631<sub>a1</sub>, 631<sub>a2</sub>, 631<sub>a3</sub>) incorporados en una matriz de soporte con forma cuadrada (633), un segundo dispositivo generador de campo magnético (640) que comprende un imán dipolo cilíndrico (641), una cuarta pieza polar con forma cuadrada (660) y un cuarto dispositivo generador de campo magnético (670) que comprende un cuarto imán dipolo con forma de disco (671). El segundo dispositivo generador de campo magnético (640) también estaba dispuesto por encima del primer dispositivo generador de campo magnético (630), el primer dispositivo generador de campo magnético (630) estaba dispuesto por encima de la pieza polar con forma cuadrada (660) y la pieza polar con forma cuadrada (660) estaba dispuesta por encima del cuarto dispositivo generador de campo magnético (670).
- 5 Los tres primeros imanes dipolo cúbicos (631<sub>a1</sub>, 631<sub>a2</sub>, 631<sub>a3</sub>) del primer dispositivo generador de campo magnético (630) tenían las siguientes dimensiones: 3 mm x 3 mm x 3 mm y fueron hechos de NdFeB N45. Como se muestra en la Fig. 6B, los tres primeros imanes dipolo cúbicos (631<sub>a1</sub>, 631<sub>a2</sub>, 631<sub>a3</sub>) estaban dispuestos de forma que cada uno de sus centros (C<sub>631-a1</sub>, C<sub>631-a2</sub> y C<sub>631-a3</sub>) estaban dispuestos en un anillo (632) en el plano (P) que es sustancialmente paralelo al substrato (620).
- 10 15 El segundo imán dipolo cilíndrico (641) del segundo dispositivo generador de campo magnético (640) tenía las siguientes dimensiones: 4 mm (X, diámetro) x 3 mm (Z, espesor) y estaba hecho de NdFeB N45. La proyección del centro del segundo imán dipolo cilíndrico (641) en el plano (P) estaba localizada en el punto de proyección (C<sub>641</sub>) y estaba dispuesta simétricamente dentro del anillo (632), es decir, el punto de proyección (C<sub>641</sub>) también corresponde al centro del anillo simétrico (632).
- 20 25 Los tres primeros imanes dipolo cúbicos (631<sub>a1</sub>, 631<sub>a2</sub>, 631<sub>a3</sub>) del primer dispositivo generador de campo magnético (630) tenían sus ejes sustancialmente paralelos al plano (P), sustancialmente paralelo al substrato (620) y sustancialmente perpendicular al eje magnético del segundo imán dipolo (641) del segundo dispositivo generador de campo magnético (640). Como se muestra en la Fig. 6B, los tres primeros imanes dipolo cúbicos (631<sub>a1</sub>, 631<sub>a2</sub>, 631<sub>a3</sub>) tenían su polo norte apuntando en la misma dirección circular (es decir, en dirección circular en sentido contrario a las manecillas del reloj).
- 30 Los tres ángulos orientados  $\alpha_{1/2/3}$  formados respectivamente por i) los vectores  $\overrightarrow{C_{641}C_{631-a1}}$ ,  $\overrightarrow{C_{641}C_{631-a2}}$ ,  $\overrightarrow{C_{241}C_{631-a2}}$  (es decir, los vectores entre el punto de proyección (C<sub>641</sub>) y el centro (C<sub>631-a1</sub>, C<sub>631-a2</sub> y C<sub>631-a3</sub>) de cada primer imán dipolo del primer dispositivo generador de campo magnético (630)) y ii) los vectores  $\overrightarrow{(h_{631-a1})}$ ,  $\overrightarrow{(h_{631-a2})}$ ,  $\overrightarrow{(h_{631-a3})}$ , cuando se miden en una dirección en sentido contrario a las manecillas del reloj, son iguales entre sí, dichos ángulos  $\alpha_{1/2/3}$  son de 90°, es decir, los tres primeros imanes dipolo (631<sub>a1</sub>, 631<sub>a2</sub>, 631<sub>a3</sub>) tenían sus ejes magnéticos sustancialmente tangenciales al anillo (632) en la posición de su respectivo centro (C<sub>631-a1</sub>, C<sub>631-a2</sub> y C<sub>631-a3</sub>).
- 35 40 Los tres primeros imanes dipolo cúbicos (631<sub>a1</sub>, 631<sub>a2</sub>, 631<sub>a3</sub>) estaban distribuidos de manera uniforme alrededor del punto de proyección (C<sub>641</sub>) del centro del imán dipolo cilíndrico (641). Los tres ángulos  $\beta$  formados respectivamente por los vectores  $\overrightarrow{C_{641}C_{631-a1}}$  (que corresponden a la línea recta del punto de proyección (C<sub>641</sub>) al centro C<sub>631-a1</sub> del primer imán dipolo cúbico (631<sub>a1</sub>)) y  $\overrightarrow{C_{641}C_{631-a2}}$ ; los vectores  $\overrightarrow{C_{641}C_{631-a2}}$  y  $\overrightarrow{C_{641}C_{631-a3}}$ ; y los vectores  $\overrightarrow{C_{641}C_{631-a3}}$  y  $\overrightarrow{C_{641}C_{631-a1}}$  eran iguales entre sí, en particular 120°.
- 45 50 Las distancias Y entre el punto de proyección (C<sub>641</sub>) del centro del segundo imán dipolo cilíndrico (641) y el centro (C<sub>631-a1</sub>, C<sub>631-a2</sub> y C<sub>631-a3</sub>) de cada uno de dichos tres primeros imanes dipolo cúbicos (631<sub>a1</sub>, 631<sub>a2</sub>, 631<sub>a3</sub>) son iguales entre sí, dichas distancias son 3,5 mm.
- 55 60 La matriz de soporte con forma cuadrada (633) tenía las siguientes dimensiones: 30 mm x 30 mm x 5,5 mm y estaba hecha de polioximetileno (POM). La matriz de soporte con forma cuadrada (633) comprendía tres indentaciones para sujetar los tres primeros imanes dipolo cúbicos (631<sub>a1</sub>, 631<sub>a2</sub>, 631<sub>a3</sub>), dichas indentaciones tienen la misma forma y dimensiones que dichos tres primeros imanes dipolo cúbicos (631<sub>a1</sub>, 631<sub>a2</sub>, 631<sub>a3</sub>) de forma que la superficie más elevada de dichos tres primeros imanes dipolo cúbicos (631<sub>a1</sub>, 631<sub>a2</sub>, 631<sub>a3</sub>) estaban al ras con la superficie más elevada de la matriz de soporte con forma cuadrada (633).
- 65 El segundo imán dipolo cilíndrico (641) tiene su eje magnético sustancialmente perpendicular al plano (P) y sustancialmente perpendicular al substrato (620) con su polo norte apuntando (es decir, orientando) hacia el substrato (620). El segundo imán dipolo cilíndrico (641) está dispuesto en contacto directo y por encima de la matriz de soporte con forma cuadrada (633).
- 70 La pieza polar con forma cuadrada (660) tenía las siguientes dimensiones: 30 mm x 30 mm x 1 mm y estaba hecha de hierro.
- 75 80 El cuarto imán dipolo con forma de disco (671) del cuarto dispositivo generador de campo magnético (670) tenía las siguientes dimensiones: 20 mm (X, diámetro) x 1.5 mm (Z, espesor) y estaba hecho de NdFeB N40. El cuarto imán dipolo con forma de disco (671) del cuarto dispositivo generador de campo magnético (670) tiene sus ejes magnéticos sustancialmente perpendiculares al plano (P), sustancialmente perpendiculares al substrato (620) y sustancialmente perpendiculares al eje magnético de los tres primeros imanes dipolo cilíndricos (631<sub>a1</sub>, 631<sub>a2</sub>, 631<sub>a3</sub>) del primer conjunto

magnético (630) con su polo norte apuntando (es decir, orientando) hacia el substrato (620).

El centro del primer dispositivo generador de campo magnético (630) y el centro del segundo dispositivo generador de campo magnético (640) estaban sustancialmente centrados entre sí y estaban sustancialmente centrados con respecto al punto de proyección (C<sub>641</sub>) del centro del imán dipolo cilíndrico (641). El centro de la pieza polar con forma cuadrada (660) y el centro del cuarto imán dipolo con forma cuadrada (671) estaban sustancialmente centrados entre sí y estaban sustancialmente centrados con respecto al punto de proyección (C<sub>641</sub>) del centro del imán dipolo cilíndrico (641).

La distancia (e) de la superficie más elevada del segundo dispositivo generador de campo magnético (340), es decir, la superficie más elevada del segundo imán dipolo cilíndrico (641), y la superficie más baja del substrato (620) que orienta al dispositivo (600) era de 0,6 mm.

La distancia (d) (para fines de claridad no se muestra en la Fig. 6A) la superficie más elevada del primer dispositivo generador de campo magnético (630), es decir, la superficie más elevada de los tres primeros imanes dipolo cúbicos (631<sub>a1</sub>, 631<sub>a2</sub>, 631<sub>a3</sub>) del primer dispositivo generador de campo magnético (630) (también corresponden a la superficie más elevada de la matriz de soporte con forma cuadrada (633), y la superficie más baja del segundo dispositivo generador de campo magnético (640), es decir, la superficie más baja del imán dipolo cilíndrico (641), era de 0 mm.

La distancia (f) de la superficie más baja del primer dispositivo generador de campo magnético (630), es decir, la superficie más baja de la matriz de soporte con forma cuadrada (633), y la superficie más elevada de la pieza polar con forma cuadrada (660) era de 0 mm, es decir, la matriz de soporte con forma cuadrada (633) y la pieza polar con forma cuadrada (660) estaba en contacto directo (la distancia de la superficie más baja de los tres primeros imanes dipolo cúbicos (631<sub>a1</sub>, 631<sub>a2</sub>, 631<sub>a3</sub>) y la superficie más elevada de la pieza polar con forma cuadrada (660) era de aproximadamente 2,5 mm).

La distancia (h) de la superficie más baja de la pieza polar con forma cuadrada (660) y la superficie más elevada del cuarto dispositivo generador de campo magnético (670), es decir, la superficie más baja del cuarto imán dipolo con forma de disco (671), era preferentemente de 0 mm, es decir, la pieza polar con forma cuadrada (660) y el cuarto imán dipolo con forma de disco (671) estaban en contacto directo.

La OEL resultante producida con el conjunto magnético (600) ilustrada en las Fig. 6A-B se muestra en la Fig. 6C en diferentes ángulos de visión al inclinar el substrato (620) entre -20° y +20°. La OEL así obtenida proporciona la impresión óptica de un anillo rodeado por más de un cuerpo en forma de bucle cuya forma y brillo varían al inclinar la capa con efecto óptico (OEL).

### 35 Ejemplo 6 (Fig. 7A-C)

El conjunto magnético (700) usado para preparar la capa con efecto óptico (OEL) del Ejemplo 6 en el substrato (720) se ilustra en las Fig. 7A-B. El conjunto magnético (700) se configuró para recibir el substrato (720) en una orientación paralela a un primer plano (P).

El conjunto magnético (700) comprende un primer dispositivo generador de campo magnético (730) que comprende seis primeros imanes dipolo paralelepípedos (731<sub>a1</sub>, ..., 731<sub>a6</sub>) incorporados en una matriz de soporte con forma cuadrada (733), un segundo dispositivo generador de campo magnético (740) que comprende un imán dipolo cilíndrico (741), una pieza polar con forma cuadrada (760) y un cuarto dispositivo generador de campo magnético (770) que comprende un cuarto imán dipolo con forma de disco (771). El segundo dispositivo generador de campo magnético (740) también estaba dispuesto por encima del primer dispositivo generador de campo magnético (730), el primer dispositivo generador de campo magnético (730) estaba dispuesto por encima de la pieza polar con forma cuadrada (760) y la pieza polar con forma cuadrada (760) estaba dispuesta por encima del cuarto dispositivo generador de campo magnético (770).

Los seis primeros imanes dipolo cúbicos (731<sub>a1</sub>, ..., 731<sub>a6</sub>) del primer dispositivo generador de campo magnético (730) tenían las siguientes dimensiones: 10 mm x 4 mm x 1 mm y fueron hechos de NdFeB N45. Como se muestra en la Fig. 7B, los seis primeros imanes dipolo paralelepípedos (731<sub>a1</sub>, ..., 731<sub>a6</sub>) estaban dispuestos de forma que cada uno de sus centros (C<sub>731-a1</sub>, ..., C<sub>731-a6</sub>) estaban dispuestos en un anillo (732) en el plano (P) que es sustancialmente paralelo al substrato (720).

El segundo imán dipolo cilíndrico (741) del segundo dispositivo generador de campo magnético (740) tenía las siguientes dimensiones: 3 mm (X, diámetro) x 3 mm (Z, espesor) y estaba hecho de NdFeB N45. La proyección del centro del segundo imán dipolo cilíndrico (741) en el plano (P) estaba localizada en el punto de proyección (C<sub>741</sub>) y estaba dispuesta simétricamente dentro del anillo (732), es decir, el punto de proyección (C<sub>741</sub>) también corresponde al centro del anillo simétrico (732).

Los seis primeros imanes dipolo paralelepípedos (731<sub>a1</sub>, ..., 731<sub>a6</sub>) del primer dispositivo generador de campo magnético (730) tenían sus ejes magnéticos sustancialmente paralelos al plano (P), sustancialmente paralelos al substrato (720) y sustancialmente perpendiculares al eje magnético del segundo imán dipolo cilíndrico (741) del segundo dispositivo generador de campo magnético (740). Como se muestra en la Fig. 7B, los seis primeros imanes dipolo paralelepípedos (731<sub>a1</sub>, ..., 731<sub>a6</sub>) tenían su polo norte al polo norte del imán dipolo adyacente y su polo sur apuntando al polo sur del imán

dipolo adyacente.

- Los tres ángulos  $\alpha_{1/3/5}$  formados respectivamente por i) los vectores ( $\overrightarrow{C_{741}C_{731-a1}}$ ,  $\overrightarrow{C_{741}C_{731-a3}}$ ,  $\overrightarrow{C_{741}C_{731-a5}}$ ) (es decir, los vectores entre el punto de proyección ( $C_{741}$ ) y el centro ( $C_{731-a1}$ ,  $C_{731-a3}$  y  $C_{731-a5}$ ) de cada primer imán dipolo del primer dispositivo generador de campo magnético respectivo (730)) y ii) los vectores ( $\overrightarrow{h_{731-a1}}$ ,  $\overrightarrow{h_{731-a3}}$ ,  $\overrightarrow{h_{731-a5}}$ ), cuando se miden en una dirección en sentido contrario a las manecillas del reloj, son iguales entre sí, en particular  $90^\circ$ , es decir, los tres primeros imanes dipolo ( $731_{a1}$ ,  $731_{a3}$ ,  $731_{a5}$ ) tenían sus ejes magnéticos sustancialmente tangenciales al anillo (732) en la posición de su respectivo centro ( $C_{731-a1}$ ,  $C_{731-a3}$  y  $C_{731-a5}$ ). Los tres ángulos  $\alpha_{2/4/6}$  formados respectivamente por i) los vectores ( $\overrightarrow{C_{741}C_{731-a2}}$ ,  $\overrightarrow{C_{741}C_{731-a4}}$ ,  $\overrightarrow{C_{741}C_{731-a6}}$ ) (es decir, los vectores entre el punto de proyección ( $C_{241}$ ) y el centro ( $C_{731-a2}$ ,  $C_{731-a4}$  y  $C_{731-a6}$ ) de cada primer imán dipolo del primer dispositivo generador de campo magnético respectivo (730)) y ii) los vectores ( $\overrightarrow{h_{731-a2}}$ ,  $\overrightarrow{h_{731-a4}}$ ,  $\overrightarrow{h_{731-a6}}$ ), cuando se miden en una dirección en sentido contrario a las manecillas del reloj, son iguales entre sí, en particular  $270^\circ$ , es decir, los tres primeros imanes dipolo ( $731_{a2}$ ,  $731_{a4}$ ,  $731_{a6}$ ) tenían sus ejes magnéticos sustancialmente tangenciales al anillo (732) en la posición de su respectivo centro ( $C_{731-a2}$ ,  $C_{731-a4}$  y  $C_{731-a6}$ ).
- Los seis primeros imanes dipolo paralelepípedos ( $731_{a1}, \dots, 731_{a6}$ ) estaban distribuidos de manera uniforme alrededor del punto de proyección ( $C_{741}$ ) del centro del segundo imán dipolo cilíndrico (741). Los seis ángulos  $\beta$  formados respectivamente por los vectores ( $\overrightarrow{C_{741}C_{731-a1}}$  que corresponden a la línea recta del punto de proyección ( $C_{741}$ ) al centro  $C_{731-a1}$  del primer imán dipolo paralelepípedo ( $731_{a1}$ )) y ( $\overrightarrow{C_{741}C_{731-a2}}$ ; los vectores ( $\overrightarrow{C_{741}C_{731-a2}}$  y  $\overrightarrow{C_{741}C_{731-a3}}$ ; los vectores ( $\overrightarrow{C_{741}C_{731-a3}}$  y  $\overrightarrow{C_{741}C_{731-a4}}$ ; los vectores ( $\overrightarrow{C_{741}C_{731-a4}}$  y  $\overrightarrow{C_{741}C_{731-a5}}$ ; los vectores ( $\overrightarrow{C_{741}C_{731-a5}}$  y  $\overrightarrow{C_{741}C_{731-a6}}$ ; y los vectores ( $\overrightarrow{C_{741}C_{731-a6}}$  y  $\overrightarrow{C_{741}C_{731-a1}}$  eran iguales entre sí, en particular  $60^\circ$ .
- Las distancias Y entre el punto de proyección ( $C_{741}$ ) del centro del segundo imán dipolo cilíndrico (741) y el centro ( $C_{731-a1}, \dots, C_{731-a6}$ ) de cada uno de dichos seis primeros imanes dipolo paralelepípedos ( $731_{a1}, \dots, 731_{a6}$ ) eran iguales entre sí, dichas distancias Y eran de 5,9 mm.
- La matriz de soporte con forma cuadrada (733) tenía las siguientes dimensiones: 30 mm x 30 mm x 6 mm y estaba hecha de polioximetileno (POM). La matriz de soporte con forma cuadrada (733) comprendía tres indentaciones para sujetar los seis primeros imanes dipolo paralelepípedos ( $731_{a1}, \dots, 731_{a6}$ ), dichas indentaciones tienen la misma forma y dimensiones que dichos tres primeros imanes dipolo cúbicos ( $731_{a1}, \dots, 731_{a6}$ ) de forma que la superficie superior de dichos seis primeros imanes dipolo paralelepípedos ( $731_{a1}, \dots, 731_{a6}$ ) estaban al ras con la superficie más elevada de la matriz de soporte con forma cuadrada (733).
- El segundo imán dipolo cilíndrico tenía sus ejes magnéticos sustancialmente perpendiculares al plano (P), sustancialmente perpendiculares al substrato (720) y sustancialmente perpendiculares al eje magnético de los seis primeros imanes dipolo ( $731_{a1}, \dots, 731_{a6}$ ) del conjunto magnético (730) con su polo norte apuntando (es decir, orientando) hacia el substrato (720). El segundo imán dipolo cilíndrico (741) está dispuesto en contacto directo y por encima de la matriz de soporte con forma cuadrada (733).
- La pieza polar con forma cuadrada (760) tenía las siguientes dimensiones: 30 mm x 30 mm x 1 mm y estaba hecha de hierro.
- El cuarto imán dipolo con forma de disco (771) del cuarto dispositivo generador de campo magnético (770) tenía las siguientes dimensiones: 20 mm (X, diámetro) x 4 mm (Z, espesor) y estaba hecho de NdFeB N45. El cuarto imán dipolo con forma de disco (771) del cuarto dispositivo generador de campo magnético (770) tenía sus ejes magnéticos sustancialmente perpendiculares al plano (P), sustancialmente perpendiculares al substrato (720) y sustancialmente perpendiculares al eje magnético de los seis primeros imanes dipolo paralelepípedos ( $731_{a1}, \dots, 731_{a6}$ ) del primer conjunto magnético (730) con su polo norte apuntando (es decir, orientando) hacia el substrato (720).
- El centro del primer dispositivo generador de campo magnético (730) y el centro del segundo dispositivo generador de campo magnético (740) estaban sustancialmente centrados entre sí y estaban sustancialmente centrados con respecto al punto de proyección ( $C_{741}$ ) del centro del imán dipolo cilíndrico (741). El centro de la pieza polar con forma cuadrada (760) y el centro del cuarto imán dipolo con forma cuadrada (771) estaban sustancialmente centrados entre sí y estaban sustancialmente centrados con respecto al punto de proyección ( $C_{741}$ ) del centro del imán dipolo cilíndrico (741).
- La distancia (e) de la superficie más elevada del segundo campo magnético generador (740) y de la superficie más baja del substrato (720) que orienta el dispositivo (700) era de 0,4 mm, es decir, la distancia de la superficie más elevada del segundo imán dipolo cilíndrico (741) del segundo dispositivo generador de campo magnético (740) y la superficie más baja del substrato (720) era de 0,4 mm.
- La distancia (d) (para fines de claridad no se muestra en la Fig. 7A) de la superficie más elevada del primer dispositivo generador de campo magnético (730), es decir, la superficie más elevada de los seis primeros imanes paralelepípedo

(731<sub>a1</sub>, ..., 731<sub>a6</sub>) (también corresponden a la superficie más elevada de la matriz de soporte con forma cuadrada (733)) y la superficie más baja del segundo dispositivo generador de campo magnético (440), es decir, la superficie más baja del imán dipolo cilíndrico (741), era de 0 mm.

5 La distancia (f) de la superficie más baja del primer dispositivo generador de campo magnético (730), es decir, la superficie más baja de la matriz de soporte (733), y la superficie más elevada de la pieza polar con forma cuadrada (760) era de 0 mm, es decir, la matriz de soporte con forma cuadrada (733) y la pieza polar con forma cuadrada (760) estaba en contacto directo (la distancia de la superficie más baja de los seis primeros imanes dipolo paralelepípedos (731<sub>a1</sub>, ..., 731<sub>a6</sub>) y la superficie más elevada de la pieza polar con forma cuadrada (760) era de aproximadamente 2 mm).

10 La distancia (h) de la superficie más baja de la pieza polar con forma cuadrada (760) y la superficie más elevada del cuarto dispositivo generador de campo magnético (770), es decir, la superficie más elevada del cuarto imán dipolo con forma de disco (771), era preferentemente de 0 mm, es decir, la pieza polar con forma cuadrada (760) y el cuarto imán dipolo con forma de disco (771) estaban en contacto directo.

15 20 La OEL resultante producida con el conjunto magnético (700) ilustrada en las Fig. 7A-B se muestra en la Fig. 7C en diferentes ángulos de visión al inclinar el substrato (720) entre -20° y +20°. La OEL así obtenida proporciona la impresión óptica de un anillo rodeado por tres cuerpos en forma de bucle cuya forma y brillo varían al inclinar la capa con efecto óptico (OEL).

#### Ejemplo 7 (Fig. 8A-C)

25 El conjunto magnético (800) usado para preparar la capa con efecto óptico (OEL) del Ejemplo 7 en el substrato (820) se ilustra en las Fig. 8A-B. El conjunto magnético (800) se configuró para recibir el substrato (820) en una orientación paralela a un primer plano (P).

30 35 El conjunto magnético (800) comprende un primer dispositivo generador de campo magnético (830) que comprende seis primeros imanes dipolo cilíndricos (831<sub>a1</sub>, ..., 831<sub>a6</sub>) incorporados en una matriz de soporte con forma cuadrada (833), un segundo dispositivo generador de campo magnético (840) que comprende un primer imán dipolo cilíndrico (841), una pieza polar con forma cuadrada (860) y un cuarto dispositivo generador de campo magnético (870) que comprende un cuarto imán dipolo con forma de disco (871). El segundo dispositivo generador de campo magnético (840) también estaba dispuesto por encima del primer dispositivo generador de campo magnético (830), el primer dispositivo generador de campo magnético (830) estaba dispuesto por encima de la pieza polar con forma cuadrada (860) y la pieza polar con forma cuadrada (860) estaba dispuesta por encima del cuarto dispositivo generador de campo magnético (870).

40 45 50 Los seis primeros imanes dipolo cúbicos (831<sub>a1</sub>, ..., 831<sub>a6</sub>) del primer dispositivo generador de campo magnético (830) tenían las siguientes dimensiones: 2 mm (diámetro) x 2 mm (espesor) y estaban hechos de NdFeB N45. Como se muestra en la Fig. 8B, los seis primeros imanes dipolo cilíndricos (831<sub>a1</sub>, ..., 831<sub>a6</sub>) estaban dispuestos de forma que cada uno de sus centros (C<sub>831-a1</sub>, ..., C<sub>831-a6</sub>) estaban dispuestos en un anillo (832) en el plano (P) que es sustancialmente paralelo al substrato (820).

55 60 El segundo imán dipolo cilíndrico (841) del segundo dispositivo generador de campo magnético (840) tenía las siguientes dimensiones: 4 mm (X, diámetro) x 2 mm (Z, espesor) y estaba hecho de NdFeB N45. La proyección del centro del segundo imán dipolo cilíndrico (841) en el plano (P) estaba localizada en el punto de proyección (C<sub>841</sub>) y estaba dispuesta simétricamente dentro del anillo (832), es decir, el punto de proyección (C<sub>841</sub>) también corresponde al centro del anillo simétrico (832).

65 Los seis primeros imanes dipolo cilíndricos (831<sub>a1</sub>, ..., 831<sub>a6</sub>) del primer dispositivo generador de campo magnético (830) tenían sus ejes magnéticos sustancialmente paralelos al plano (P), sustancialmente paralelos al substrato (820) y sustancialmente perpendiculares al eje magnético del segundo imán dipolo cilíndrico (841) del segundo dispositivo generador de campo magnético (840). Como se muestra en la Fig. 8B, los seis primeros imanes dipolo cilíndricos (831<sub>a1</sub>, ..., 831<sub>a6</sub>) tenían su polo norte apuntando en la misma dirección circular (es decir, en dirección circular en sentido contrario a las manecillas del reloj).

70 75 Los seis ángulos  $\alpha_{1-6}$  formados respectivamente por i) los vectores ( $\overrightarrow{C_{841}C_{831-a1}}, \dots, \overrightarrow{C_{841}C_{831-a6}}$ ) (es decir, los vectores entre el punto de proyección (C<sub>841</sub>) y el centro (C<sub>831-a1</sub>, ..., C<sub>831-a6</sub>) de cada imán dipolo respectivo del dispositivo generador de campo magnético respectivo (830)) y ii) los vectores ( $\overrightarrow{h_{431-a1}}, \dots, \overrightarrow{h_{431-a8}}$ ), cuando se miden en dirección en sentido contrario a las manecillas del reloj, son iguales entre sí, en particular 225°.

80 85 Los seis primeros imanes dipolo cilíndricos (831<sub>a1</sub>, ..., 831<sub>a6</sub>) estaban distribuidos de manera uniforme alrededor del punto de proyección (C<sub>841</sub>) del centro del segundo imán dipolo cilíndrico (841). Los seis ángulos  $\beta$  formados respectivamente por los vectores ( $\overrightarrow{C_{841}C_{831-a1}}$  (que corresponden a la línea recta  $\overrightarrow{\text{del punto de proyección (C}_{841}\text{)}} \text{al centro } C_{831-a1}$  del primer imán dipolo cilíndrico (831<sub>a1</sub>)) y  $\overrightarrow{C_{841}C_{831-a2}}$ ; los vectores  $\overrightarrow{C_{841}C_{831-a2}}$  y  $\overrightarrow{C_{841}C_{831-a3}}$ ; los vectores  $\overrightarrow{C_{841}C_{831-a3}}$  y

$\overrightarrow{C_{841}C_{831-a4}}$ ; los vectores  $\overrightarrow{C_{841}C_{831-a4}}$  y  $\overrightarrow{C_{841}C_{831-a5}}$ ; los vectores  $\overrightarrow{C_{841}C_{831-a5}}$  y  $\overrightarrow{C_{841}C_{831-a6}}$ ; y los vectores  $\overrightarrow{C_{841}C_{831-a6}}$  y  $\overrightarrow{C_{841}C_{831-a1}}$  eran iguales entre sí, en particular  $60^\circ$ .

5 Las distancias Y entre el punto de proyección ( $C_{841}$ ) del centro del segundo imán dipolo cilíndrico (841) y el centro ( $C_{831-a1}, \dots, C_{831-a6}$ ) de cada uno de dichos seis primeros imanes dipolo cilíndricos ( $831_{a1}, \dots, 831_{a6}$ ) eran iguales entre sí, dichas distancias Y eran de 4 mm.

10 La matriz de soporte con forma cuadrada (833) tenía las siguientes dimensiones: 30 mm x 30 mm x 4 mm y estaba hecha de polioximetileno (POM). La matriz de soporte con forma cuadrada (833) estaba comprendida de seis indentaciones paralelepípedas para sujetar los seis imanes dipolo cilíndricos ( $831_{a1}, \dots, 831_{a6}$ ), dichas indentaciones tenían las siguientes dimensiones: 2 mm x 2 mm x 4 mm de forma que la parte superior de dichos doce imanes dipolo cilíndricos ( $831_{a1}, \dots, 831_{a6}$ ) estaban al ras con la superficie más elevada de la matriz de soporte con forma cuadrada (833).

15 El segundo imán dipolo cilíndrico (841) tenía sus ejes magnéticos sustancialmente perpendiculares al plano (P), perpendiculares al substrato (820) y sustancialmente perpendiculares al eje magnético de los seis primeros imanes dipolo cilíndricos ( $831_{a1}, \dots, 831_{a6}$ ) del conjunto magnético (830) con su polo norte apuntando (es decir, orientando) hacia el substrato (820). El segundo imán dipolo cilíndrico (841) está dispuesto en contacto directo y por encima de la matriz de soporte con forma cuadrada (833).

20 La pieza polar con forma cuadrada (860) tenía las siguientes dimensiones: 30 mm x 30 mm x 1 mm y estaba hecha de hierro.

25 El cuarto imán dipolo con forma de disco (871) del cuarto dispositivo generador de campo magnético (870) tenía las siguientes dimensiones: 20 mm (X, diámetro) x 3 mm (Z, espesor) y estaba hecho de NdFeB N40. Los cuartos imanes dipolo con forma de disco (871) de los terceros generadores de campo magnético al plano (P), sustancialmente perpendiculares al substrato (820), substancialmente perpendiculares a los ejes magnéticos de los seis primeros imanes dipolo cilíndricos ( $831_{a1}, \dots, 831_{a6}$ ) del primer conjunto magnético (830) y sustancialmente paralelos al eje magnético de los segundos imanes dipolo cilíndricos (841) del segundo conjunto magnético (840) con su polo norte apuntando (es decir, orientando) hacia el substrato (820).

30 30 El centro del primer dispositivo generador de campo magnético (830) y el centro del segundo dispositivo generador de campo magnético (840) estaban sustancialmente centrados entre sí y estaban sustancialmente centrados con respecto al punto de proyección ( $C_{841}$ ) del centro del imán dipolo cilíndrico (541). El centro de la pieza polar con forma cuadrada (860) y el centro del cuarto imán dipolo con forma cuadrada (871) estaban sustancialmente centrados entre sí y estaban sustancialmente centrados con respecto al punto de proyección ( $C_{841}$ ) del centro del imán dipolo cilíndrico (841).

40 La distancia (e) de la superficie más elevada del segundo dispositivo generador de campo magnético (840), es decir, la superficie más elevada del segundo imán dipolo cilíndrico (841), y la superficie más baja del substrato (820) que orienta al dispositivo (800) era de 0,4 mm.

45 La distancia (d) de la superficie más elevada del primer dispositivo generador de campo magnético (830), es decir, la superficie más elevada de los seis primeros imanes dipolo cilíndricos ( $831_{a1}, \dots, 831_{a6}$ ) (también corresponden a la superficie más elevada de la matriz de soporte con forma cuadrada (833)) y la superficie más baja del segundo dispositivo generador de campo magnético (840), es decir, la superficie más baja del segundo imán dipolo cilíndrico (841), era de 0 mm.

50 La distancia (f) de la superficie más baja del primer dispositivo generador de campo magnético (830), es decir, la superficie más baja de la matriz de soporte con forma cuadrada (833), y la superficie más elevada de la pieza polar con forma cuadrada (860) era de 0 mm, es decir, la matriz de soporte con forma cuadrada (833) y la pieza polar con forma cuadrada (860) estaban en contacto directo (la distancia de la superficie más baja de los seis imanes dipolo cilíndricos ( $831_{a1}, \dots, 831_{a6}$ ) y la superficie más elevada de la pieza polar con forma cuadrada (860) era de aproximadamente 2 mm).

55 La distancia (h) de la superficie más baja de la pieza polar con forma cuadrada (860) y la superficie más elevada del cuarto dispositivo generador de campo magnético (870), es decir, la superficie más elevada del cuarto imán dipolo con forma de disco (871), era preferentemente de 0 mm, es decir, la pieza polar con forma cuadrada (860) y el cuarto imán dipolo con forma de disco (871) estaban en contacto directo.

60 La OEL resultante producida con el conjunto magnético (800) ilustrada en las Fig. 8A-B se muestra en la Fig. 8C en diferentes ángulos de visión al inclinar el substrato (820) entre  $-20^\circ$  y  $+20^\circ$ . La OEL así obtenida proporciona la impresión óptica de un anillo rodeado por seis cuerpos en forma de bucle cuya forma y brillo varían al inclinar la capa con efecto óptico (OEL).

#### Ejemplo 8 (Fig. 9A-C)

65 El conjunto magnético (900) usado para preparar la capa con efecto óptico (OEL) del Ejemplo 8 en el substrato (920) se

ilustra en las Fig. 9A-B. El conjunto magnético (900) se configuró para recibir el substrato (920) en una orientación paralela a un primer plano (P).

El conjunto magnético (900) comprende un primer dispositivo generador de campo magnético (930) que comprende seis 5 primeros imanes dipolo cilíndricos (931<sub>a1</sub>, ..., 931<sub>a6</sub>) incorporados en una matriz de soporte con forma cuadrada (933), un segundo dispositivo generador de campo magnético (940) que comprende un segundo imán dipolo cilíndrico (941), una pieza polar con forma cuadrada (960) y un cuarto dispositivo generador de campo magnético (970) que comprende un cuarto imán dipolo con forma de disco (971). El segundo dispositivo generador de campo magnético (940) también estaba dispuesto por encima del primer dispositivo generador de campo magnético (930), el primer dispositivo generador de 10 campo magnético (930) estaba dispuesto por encima de la pieza polar con forma cuadrada (960) y la pieza polar con forma cuadrada (960) estaba dispuesta por encima del cuarto dispositivo generador de campo magnético (970).

Los seis primeros imanes dipolo cúbicos (931<sub>a1</sub>, ..., 931<sub>a6</sub>) del primer dispositivo generador de campo magnético (930) tenían las siguientes dimensiones: 2 mm (diámetro) x 2 mm (espesor) y estaban hechos de NdFeB N45. Como se muestra 15 en la Fig. 9B, los seis primeros imanes dipolo cilíndricos (931<sub>a1</sub>, ..., 931<sub>a6</sub>) estaban dispuestos de forma que cada uno de sus centros (C<sub>931-a1</sub>, ..., C<sub>931-a6</sub>) estaban dispuestos en un anillo (932) en el plano (P) que es sustancialmente paralelo al substrato (920).

El segundo imán dipolo cilíndrico (941) del segundo dispositivo generador de campo magnético (940) tenía las siguientes 20 dimensiones: 4 mm (X, diámetro) x 2 mm (Z, espesor) y estaba hecho de NdFeB N45. La proyección del centro del segundo imán dipolo cilíndrico (941) en el plano (P) estaba localizada en el punto de proyección (C<sub>941</sub>) y estaba dispuesta simétricamente dentro del anillo (932), es decir, el punto de proyección (C<sub>941</sub>) también corresponde al centro del anillo simétrico (932).

25 Los seis primeros imanes dipolo cilíndricos (931<sub>a1</sub>, ..., 931<sub>a6</sub>) del primer dispositivo generador de campo magnético (930) tenían sus ejes magnéticos sustancialmente paralelos al plano (P), sustancialmente paralelos al substrato (920) y sustancialmente perpendiculares al eje magnético del segundo imán dipolo cilíndrico (941) del segundo dispositivo generador de campo magnético (940). Como se muestra en la Fig. 9B, los seis primeros imanes dipolo paralelepípedos 30 (931<sub>a1</sub>, ..., 931<sub>a6</sub>) tenían su polo norte al polo norte del imán dipolo adyacente y su polo sur apuntando al polo sur del imán dipolo adyacente.

Los tres ángulos  $\alpha_{1/3/5}$  formados respectivamente por i) los vectores ( $\overrightarrow{C_{941}C_{931-a1}}$ ,  $\overrightarrow{C_{941}C_{931-a3}}$ ,  $\overrightarrow{C_{741}C_{931-a5}}$ ) (es decir, los vectores entre el punto de proyección (C<sub>941</sub>) y el centro (C<sub>931-a1</sub>, C<sub>931-a3</sub> y C<sub>931-a5</sub>) de cada primer imán dipolo respectivo 35 del primer dispositivo generador de campo magnético (930)) y ii) los vectores ( $\overrightarrow{h_{931-a1}}$ ,  $\overrightarrow{h_{931-a3}}$ ,  $\overrightarrow{h_{931-a5}}$ ), cuando se miden en dirección en sentido contrario a las manecillas del reloj, eran iguales entre sí, en particular 225°. Los tres ángulos  $\alpha_{2/4/6}$  formados respectivamente por i) los vectores ( $\overrightarrow{C_{941}C_{931-a2}}$ ,  $\overrightarrow{C_{741}C_{931-a4}}$ ,  $\overrightarrow{C_{941}C_{931-a6}}$ ) (es decir, los vectores entre el punto de proyección (C<sub>941</sub>) y el centro (C<sub>931-a2</sub>, C<sub>931-a4</sub> y C<sub>931-a6</sub>) de cada primer dispositivo generador de campo magnético respectivo (930)) y ii) los vectores ( $\overrightarrow{h_{931-a2}}$ ,  $\overrightarrow{h_{931-a4}}$ ,  $\overrightarrow{h_{931-a6}}$ ), cuando se miden en dirección en sentido contrario a las manecillas del reloj, eran iguales entre sí, en particular 45°.

40 Los seis primeros imanes dipolo cilíndricos (931<sub>a1</sub>, ..., 931<sub>a6</sub>) estaban distribuidos de manera uniforme alrededor del punto de proyección (C<sub>841</sub>) del centro del segundo imán dipolo cilíndrico (941). Los seis ángulos  $\beta$  formados respectivamente por los vectores ( $\overrightarrow{C_{941}C_{931-a1}}$  (que corresponden a la línea recta del punto de proyección (C<sub>941</sub>) al centro C<sub>931-a1</sub> del primer imán dipolo cilíndrico (931<sub>a1</sub>)) y  $\overrightarrow{C_{941}C_{931-a2}}$ ; los vectores  $\overrightarrow{C_{941}C_{931-a2}}$  y  $\overrightarrow{C_{941}C_{931-a3}}$ ; los vectores  $\overrightarrow{C_{941}C_{931-a3}}$  y  $\overrightarrow{C_{941}C_{931-a4}}$ ; los vectores  $\overrightarrow{C_{941}C_{931-a4}}$  y  $\overrightarrow{C_{941}C_{931-a5}}$ ; los vectores  $\overrightarrow{C_{941}C_{831-a5}}$  y  $\overrightarrow{C_{941}C_{931-a6}}$ ; y los vectores  $\overrightarrow{C_{941}C_{931-a6}}$  y  $\overrightarrow{C_{941}C_{931-a1}}$  eran iguales entre sí, en particular 60°.

Las distancias Y entre el punto de proyección (C<sub>941</sub>) del centro del segundo imán dipolo cilíndrico (941) y el centro (C<sub>931-a1</sub>, ..., C<sub>931-a6</sub>) de cada uno de dichos seis primeros imanes dipolo cilíndricos (931<sub>a1</sub>, ..., 50 931<sub>a6</sub>) eran iguales entre sí, dichas distancias Y eran de 4 mm.

La matriz de soporte con forma cuadrada (933) tenía las siguientes dimensiones: 30 mm x 30 mm x 4 mm y estaba hecha de polioximetileno (POM). La matriz de soporte con forma cuadrada (933) estaba comprendida de seis indentaciones paralelepípedas para sujetar los seis imanes dipolo cilíndricos (931<sub>a1</sub>, ..., 931<sub>a6</sub>), dichas indentaciones tenían las siguientes dimensiones: 2 mm x 2 mm x 4 mm de forma que la parte superior de dichos doce imanes dipolo cilíndricos (931<sub>a1</sub>, ..., 931<sub>a6</sub>) estaban al ras con la superficie más elevada de la matriz de soporte con forma cuadrada (933).

60 El segundo imán dipolo cilíndrico (941) tenía sus ejes magnéticos sustancialmente perpendiculares al plano (P), perpendiculares al substrato (920) y sustancialmente perpendiculares al eje magnético de los seis primeros imanes dipolo cilíndricos (931<sub>a1</sub>, ..., 931<sub>a6</sub>) del conjunto magnético (930) con su polo norte apuntando (es decir, orientando) hacia el substrato (920). El segundo imán dipolo cilíndrico (941) está dispuesto en contacto directo y por encima de la matriz de soporte (933).

La pieza polar con forma cuadrada (960) tenía las siguientes dimensiones: 30 mm x 30 mm x 1 mm y estaba hecha de hierro.

- 5 El cuarto imán dipolo con forma de disco (971) del cuarto dispositivo generador de campo magnético (970) tenía las siguientes dimensiones: 20 mm (X, diámetro) x 3 mm (Z, espesor) y estaba hecho de NdFeB N45. Los cuartos imanes dipolo con forma de disco (971) de los terceros generadores de campo magnético al plano (P), sustancialmente perpendiculares al substrato (920), substancialmente perpendiculares a los ejes magnéticos de los seis primeros imanes dipolo cilíndricos (931<sub>a1</sub>, ..., 931<sub>a6</sub>) del primer conjunto magnético (930) y sustancialmente paralelos al eje magnético de los segundos imanes dipolo cilíndricos (941) del segundo conjunto magnético (940) con su polo norte apuntando (es decir, orientando) hacia el substrato (920).

El centro del primer dispositivo generador de campo magnético (930) y el centro del segundo dispositivo generador de campo magnético (940) estaban sustancialmente centrados entre sí y estaban sustancialmente centrados con respecto al punto de proyección ( $C_{941}$ ) del centro del imán dipolo cilíndrico (941). El centro de la pieza polar con forma cuadrada (960) y el centro del cuarto imán dipolo con forma cuadrada (971) estaban sustancialmente centrados entre sí y estaban sustancialmente centrados con respecto al punto de proyección ( $C_{941}$ ) del centro del imán dipolo cilíndrico (941).

La distancia (e) de la superficie más elevada del segundo generador de campo magnético (940), es decir, la superficie más elevada del segundo imán dipolo cilíndrico (941), y la superficie más baja del substrato (920) que orienta al dispositivo (900) era de 0,4 mm.

La distancia (d) de la superficie más elevada del primer dispositivo generador de campo magnético (930), es decir, la superficie más elevada de los seis primeros imanes dipolo cilíndricos (931<sub>a1</sub>, ..., 931<sub>a6</sub>) (también corresponden a la superficie más elevada de la matriz de soporte con forma cuadrada (933)) y la superficie más baja del segundo dispositivo generador de campo magnético (940), es decir, la superficie más baja del segundo imán dipolo cilíndrico (941), era de 0 mm.

La distancia (f) de la superficie más baja del primer dispositivo generador de campo magnético (930), es decir, la superficie más baja de la matriz de soporte con forma cuadrada (933), y la superficie más elevada de la pieza polar con forma cuadrada (960) era de 0 mm, es decir, y la matriz de soporte con forma cuadrada (933) y la pieza polar con forma cuadrada (960) estaba en contacto directo (la distancia entre la superficie más baja de los seis imanes dipolo cilíndricos (931<sub>a1</sub>, ..., 931<sub>a6</sub>) y la superficie más elevada de la pieza polar con forma cuadrada (960) era de aproximadamente 2 mm).

La distancia (h) de la superficie más baja de la pieza polar con forma cuadrada (960) y la superficie más elevada del cuarto dispositivo generador de campo magnético (970), es decir, la superficie más baja del cuarto imán dipolo con forma de disco (971), era preferentemente de 0 mm, es decir, la pieza polar con forma cuadrada (960) y el cuarto imán dipolo con forma de disco (971) estaban en contacto directo.

La OEL resultante producida con el conjunto magnético (900) ilustrada en las Fig. 9A-B se muestra en la Fig. 9C en diferentes ángulos de visión al inclinar el substrato (920) entre -20° y +20°. La OEL así obtenida proporciona la impresión óptica de un anillo rodeado por tres cuerpos en forma de bucle cuya forma y brillo varían al inclinar la capa con efecto óptico (OEL).

## REIVINDICACIONES

1. Un conjunto magnético (x00) para producir una capa con efecto óptico (OEL) en un substrato (x20), dicho conjunto magnético (x00) está configurado para recoger el substrato (x20) en una orientación sustancialmente paralela a un primer plano (P) y por encima del primer plano (P), y además comprende:
- 5      a) un primer dispositivo generador de campo magnético (x30) que comprende tres o más primeros imanes dipolo  $x_{31\text{ai}}$  ( $x_{31\text{a}1}, x_{31\text{a}2}, \dots$ ), cada uno de dichos primeros imanes dipolo tienen su centro  $C_{x31\text{-ai}}$  ( $C_{x31\text{-a}1}, C_{x31\text{-a}2}, \dots$ ) dispuesto en un bucle (x32) en el primer plano (P), en donde dichos primeros imanes dipolo  $x_{31\text{ai}}$  ( $x_{31\text{a}1}, x_{31\text{a}2}, \dots$ ) tienen sus ejes magnéticos orientados para estar sustancialmente paralelos al primer plano (P), en donde dichos imanes dipolo  $x_{31\text{ai}}$  ( $x_{31\text{a}1}, x_{31\text{a}2}, \dots$ ) están al menos incorporados parcialmente en una matriz de soporte (x33); y
- 10     b) un segundo dispositivo generador de campo magnético (x40) que comprende un segundo imán dipolo  $x_{41}$  que tiene sus ejes magnéticos orientados para estar sustancialmente perpendiculares al primer plano (P) y estar dispuestos a tener una proyección de su centro en el primer plano (P) que está localizado en un punto de proyección  $C_{x41}$  dentro del bucle (x32),
- 15     en donde el segundo dispositivo generador de campo magnético (x40) está dispuesto por encima del primer dispositivo generador de campo magnético (x30),
- 20     **caracterizado porque** los ángulos  $\alpha_i$  están formados entre cada uno de los vectores  $\overrightarrow{C_{x41}C_{x31\text{-ai}}}$  ( $\overrightarrow{C_{x41}C_{x31\text{-a}1}}, \dots$ ) y el vector  $\overrightarrow{h_{x31\text{-ai}}} (\overrightarrow{h_{x31\text{-a}1}}, \overrightarrow{h_{x31\text{-a}2}}, \dots)$  del eje magnético del primer imán dipolo respectivo  $x_{31\text{ai}}$  ( $x_{31\text{a}1}, x_{31\text{a}2}, \dots$ ) en donde todos los ángulos  $\alpha_i$ , cuando se miden en una dirección en sentido contrario a las manecillas del reloj, están en el intervalo de aproximadamente  $20^\circ$  a aproximadamente  $160^\circ$  o en el intervalo de aproximadamente  $200^\circ$  a aproximadamente  $340^\circ$ , y
- 25     en donde cada uno de los primeros imanes dipolo  $x_{31\text{ai}}$  ( $x_{31\text{a}1}, x_{31\text{a}2}, \dots$ ) está dispuesto a una primera distancia ( $Y_i$ ), dicha primera distancia ( $Y_i$ ) está en el primer plano (P) entre el punto de proyección  $C_{x41}$  y el centro  $C_{x31\text{-ai}}$  ( $C_{x31\text{-a}1}, C_{x31\text{-a}2}, \dots$ ) del primer imán dipolo  $x_{31\text{ai}}$  ( $x_{31\text{a}1}, x_{31\text{a}2}, \dots$ ).
- 30     2. El conjunto magnético (x00) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde todas las primeras distancias ( $Y_i$ ) entre el punto de proyección  $C_{x41}$  y los centros  $C_{x31\text{-ai}}$  ( $C_{x31\text{-a}1}, C_{x31\text{-a}2}, \dots$ ) de los primeros imanes dipolo  $x_{31\text{ai}}$  ( $x_{31\text{a}1}, x_{31\text{a}2}, \dots$ ) son iguales entre sí.
- 35     3. El conjunto magnético (x00) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde todos los ángulos  $\alpha_i$  son iguales entre sí, y preferentemente todos los primeros imanes dipolo  $x_{31\text{ai}}$  ( $x_{31\text{a}1}, x_{31\text{a}2}, \dots$ ) tienen sus ejes magnéticos sustancialmente tangenciales al bucle (x32) en la posición de su centro  $C_{x31\text{-ai}}$  ( $C_{x31\text{-a}1}, C_{x31\text{-a}2}, \dots$ ).
- 40     4. El conjunto magnético (x00) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde los ángulos  $\beta_i$  están formados entre los vectores  $\overrightarrow{C_{x41}C_{x31\text{-ax}}}$  y  $\overrightarrow{C_{x41}C_{x31\text{-ax+1}}}$  de los adyacentes a los primeros imanes dipolo  $x_{31\text{ai}}$  ( $x_{31\text{a}1}, x_{31\text{a}2}, \dots$ ), al menos dos de dichos ángulos  $\beta_i$ , preferentemente todos de los dichos ángulos  $\beta_i$  son iguales entre sí.
- 45     5. El conjunto magnético (x00) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde los tres o más primeros imanes dipolo  $x_{31\text{ai}}$  ( $x_{31\text{a}1}, x_{31\text{a}2}, \dots$ ) tienen el mismo tamaño, la misma forma, las mismas dimensiones y/o están hechas del mismo material, preferentemente tienen el mismo tamaño, la misma forma, las mismas dimensiones y están hechas del mismo material.
- 50     6. El conjunto magnético (x00) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores además comprende un tercer dispositivo generador de campo magnético (x50) que comprende uno o más terceros imanes dipolo  $x_{51}$  que tienen sus ejes magnéticos orientados para estar sustancialmente perpendiculares al primer plano (P), en donde dicho uno o más terceros imanes dipolo  $x_{51}$  están al menos parcialmente incorporados en la matriz de soporte (x33), y en donde dicho uno o más terceros imanes dipolo  $x_{51}$  tienen preferentemente su centro  $C_{x51}$  en el primer plano (P) y más preferentemente en el bucle (x32).
- 55     7. El conjunto magnético (x00) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores además comprende una o más piezas polares (x60), preferentemente hechas de hierro, que están dispuestas debajo del primer dispositivo generador de campo magnético (x30).
- 60     8. El conjunto magnético (x00) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores además comprende un cuarto dispositivo generador de campo magnético (x70) que comprende un cuarto imán dipolo  $x_{71}$  que tiene su eje magnético orientado para estar sustancialmente perpendicular al primer plano (P) y está dispuestos por debajo del primer dispositivo generador de campo magnético (x30).
- 65     9. Un uso del conjunto magnético (x00) enumerado en cualquiera de las reivindicaciones anteriores para producir una capa con efecto óptico (OEL [por sus siglas en inglés]) en un substrato (x20).
- 70     10. Un aparato de impresión que comprende un cilindro magnético giratorio que comprende uno o más conjuntos magnéticos (x00) enumerados en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, o una unidad de impresión planográfica que

comprende uno o más conjuntos magnéticos (x00) enumerados en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, o una banda que comprende uno o más de los conjuntos magnéticos (x00) enumerados en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8.

5 11. Un proceso para producir una capa con efecto óptico (OEL) en un substrato (x20), dicho proceso comprende las etapas de:

- i) aplicar en el substrato (x20) una composición de recubrimiento curable por radiación que comprende partículas de pigmento magnético o magnetizable no esférico, tal composición de recubrimiento curable por radiación está en un primer estado con el fin de formar una capa de recubrimiento (x10);
- 10 ii) exponer la composición de recubrimiento curable por radiación a un campo magnético de un conjunto magnético estático (x00) enumerado en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8 con el fin de orientar magnéticamente al menos una parte de las partículas de pigmento magnético o magnetizable no esféricas;
- 15 iii) curar, al menos parcialmente, la composición de recubrimiento curable por radiación de la etapa ii) a un segundo estado con el fin de fijar las partículas magnéticas o magnetizables no esféricas en sus posiciones u orientaciones adoptadas.

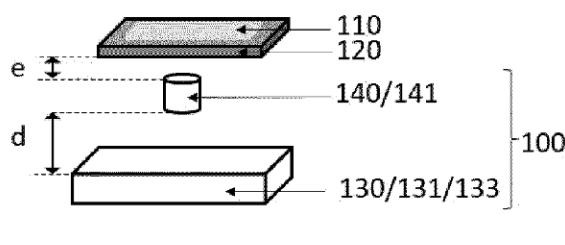
12. El proceso de acuerdo con la reivindicación 11, en donde la etapa iii) es llevada a cabo mediante curación por radiación con luz UV-Vis y preferentemente dicha etapa iii) es llevada a cabo parcialmente de forma simultánea con la etapa ii).

20 13. El proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 11 o 12, en donde al menos una parte de la pluralidad de partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas está constituida por partículas de pigmento magnéticas o magnetizables no esféricas con cambio de color.

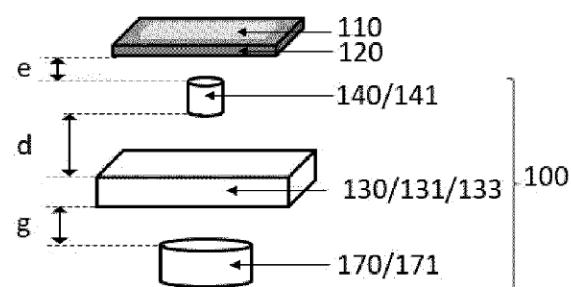
25 14. El proceso de acuerdo con la reivindicación 13, en donde los pigmentos magnéticos o magnetizables no esféricos con cambio de color se seleccionan del grupo que consiste en pigmentos de interferencia de película delgada magnética, pigmentos de cristal líquido colestérico magnético y mezclas de los mismos.

30 15. El proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 11 a 14, en donde las partículas magnéticas o magnetizables no esféricas son partículas magnéticas o magnetizables con forma de placa y en donde dicho proceso además comprende una etapa de exponer la capa de recubrimiento (x10) a un campo magnético dinámico de un dispositivo con el fin de orientar biaxialmente al menos una parte de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables con forma de placa, dicha etapa tiene lugar antes, o al menos parcialmente de forma simultánea, de la etapa ii) y antes de la etapa iii).

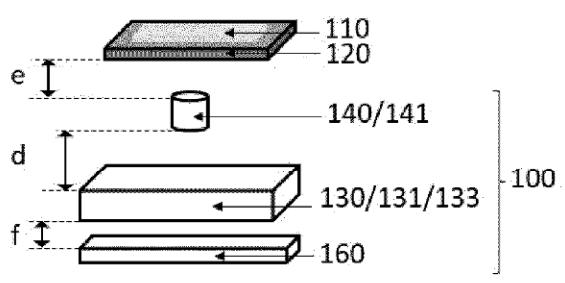
**Fig. 1A**



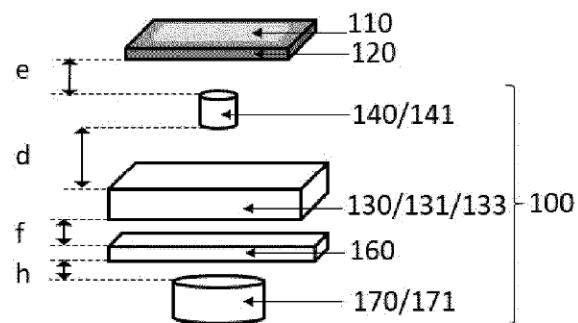
**Fig. 1C**



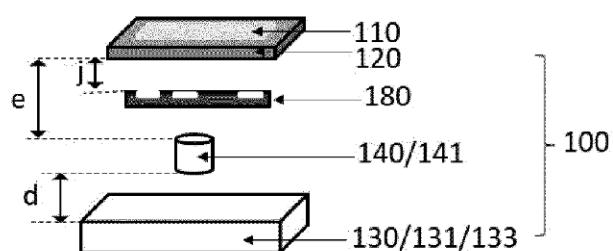
**Fig. 1B**



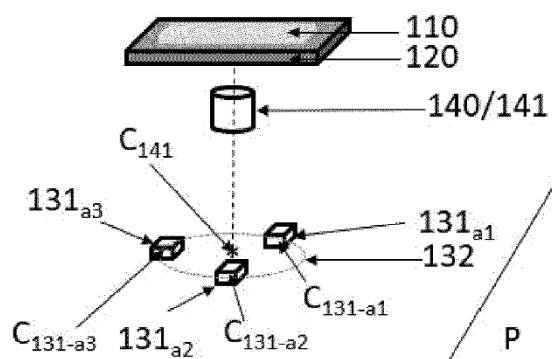
**Fig. 1D**



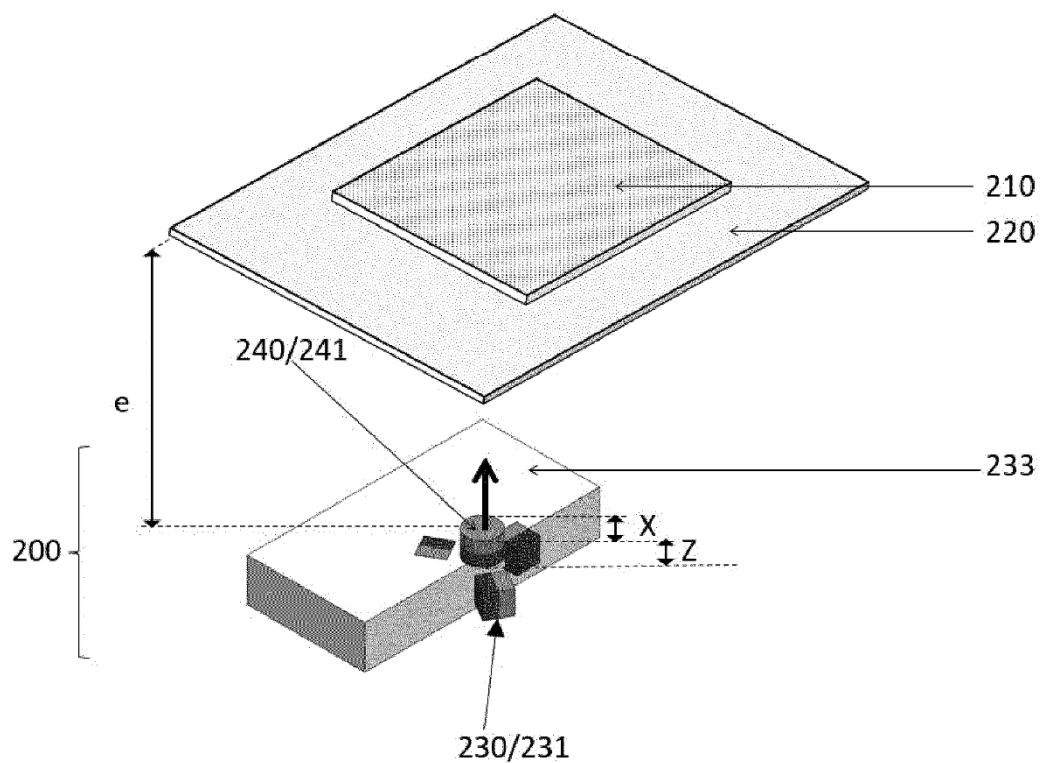
**Fig. 1E**



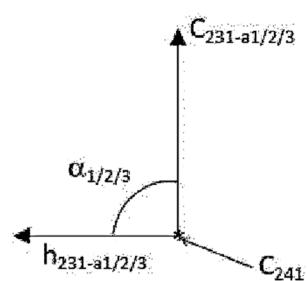
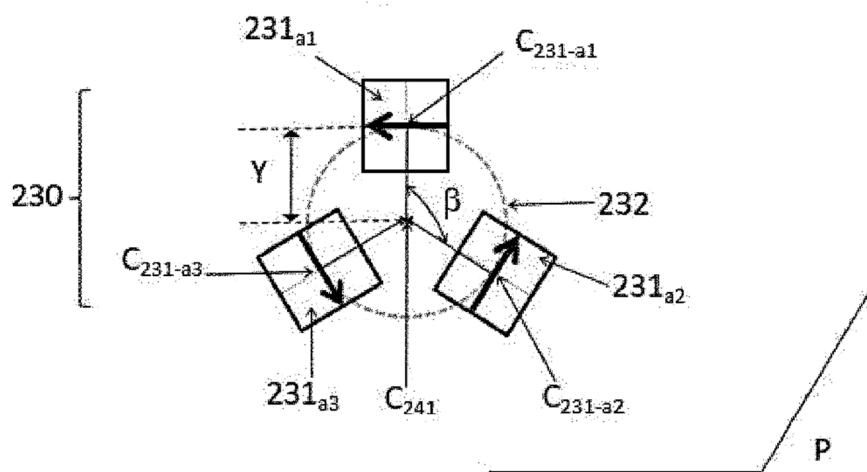
**Fig. 1F**



**Fig. 2A**



**Fig. 2B**



**Fig. 2C**

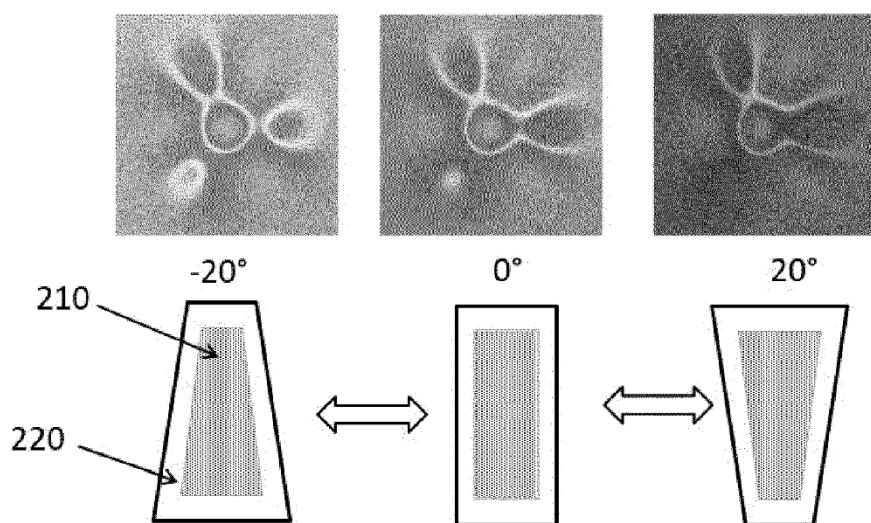
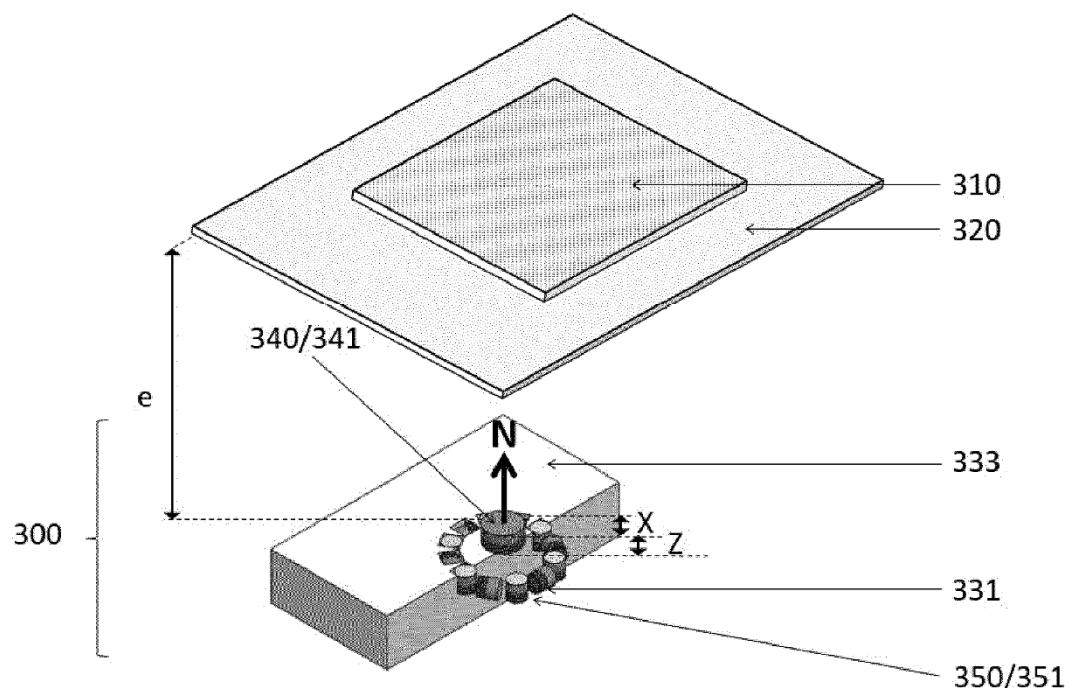


Fig. 3A



**Fig. 3B**

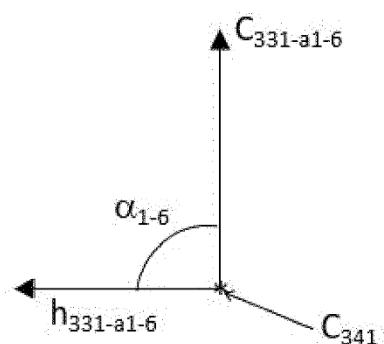
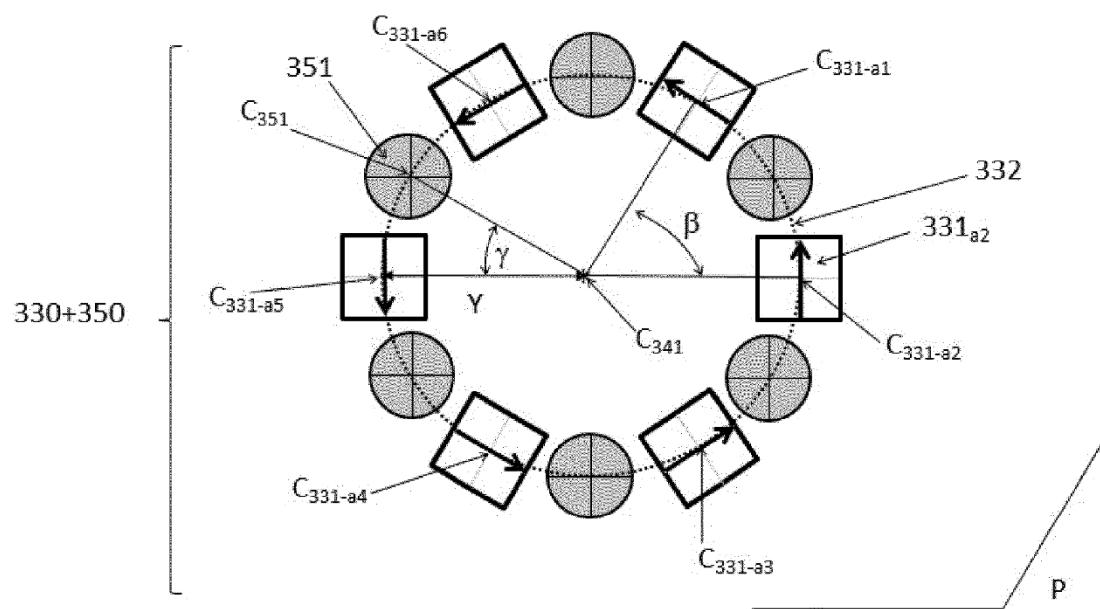


Fig. 3C

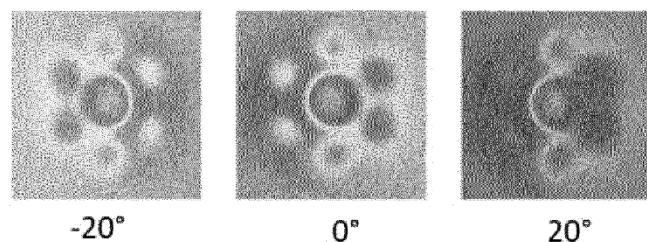
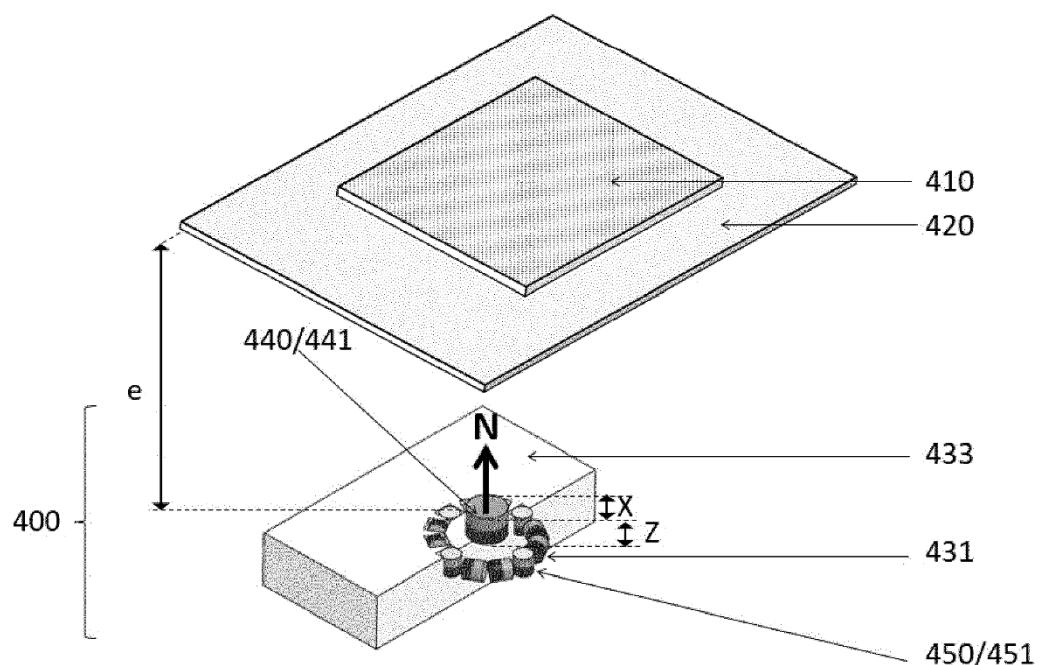
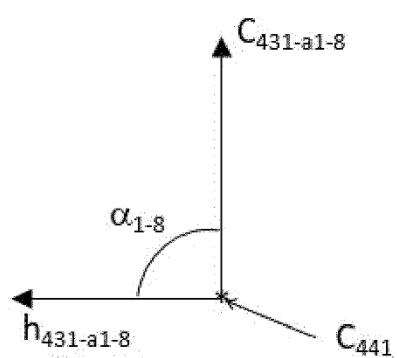
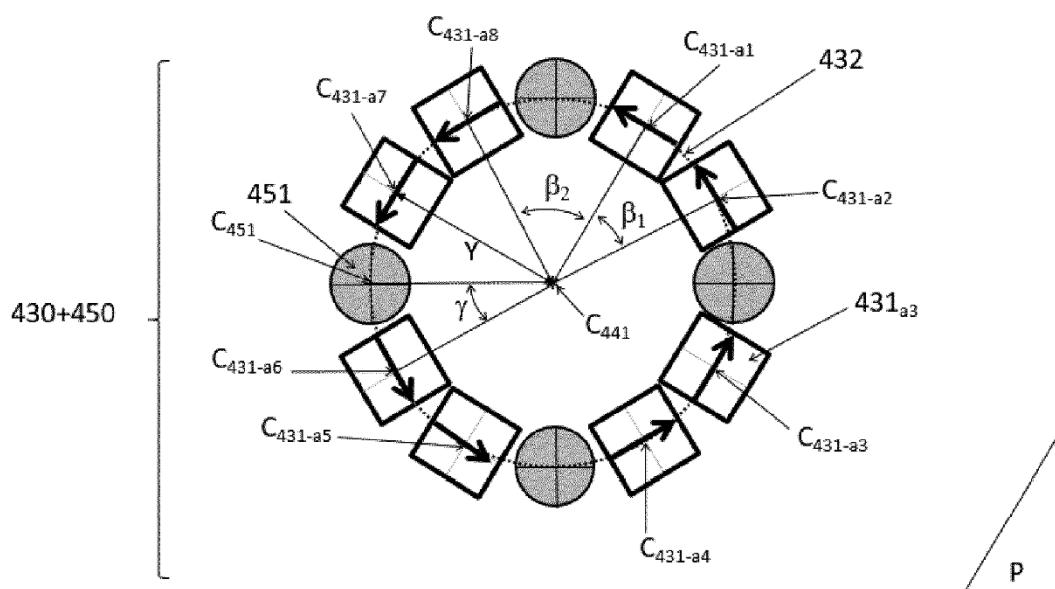


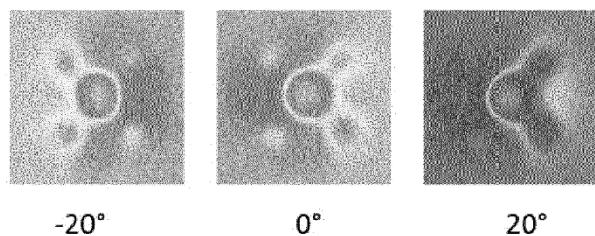
Fig. 4A



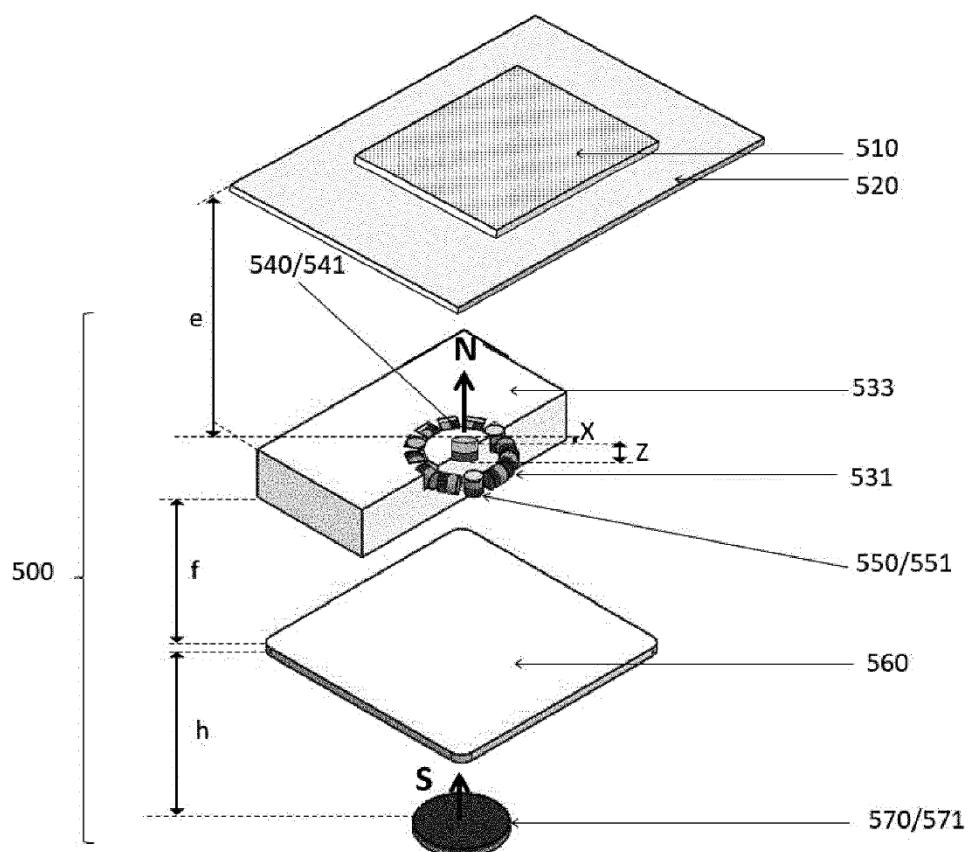
**Fig. 4B**



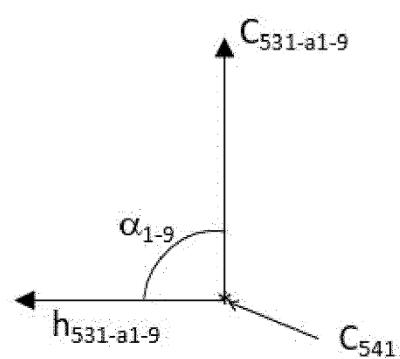
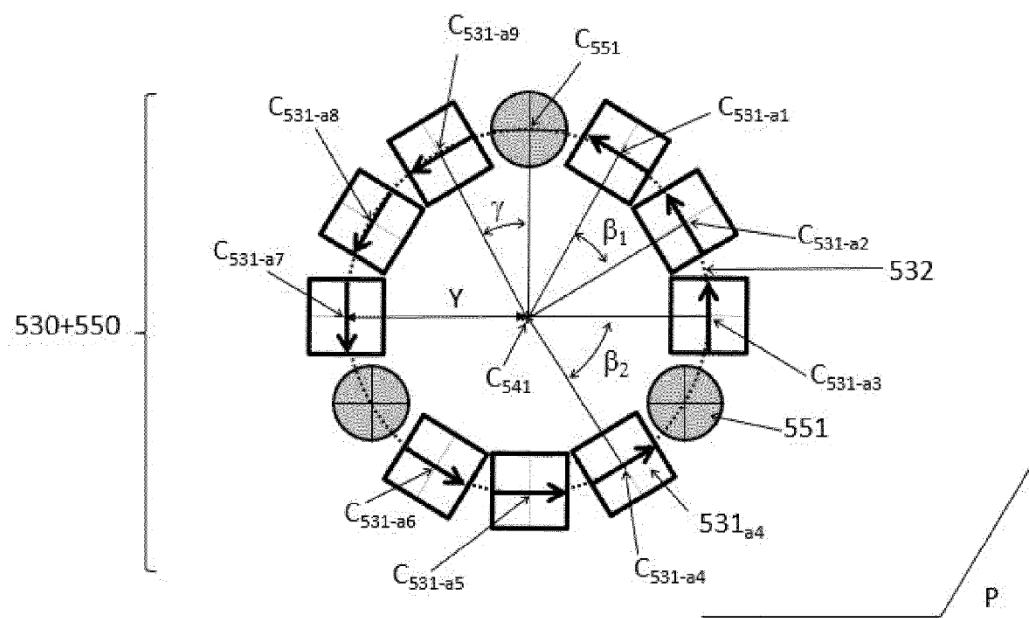
**Fig. 4C**



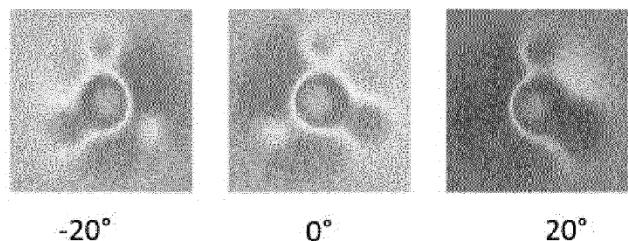
**Fig. 5A**



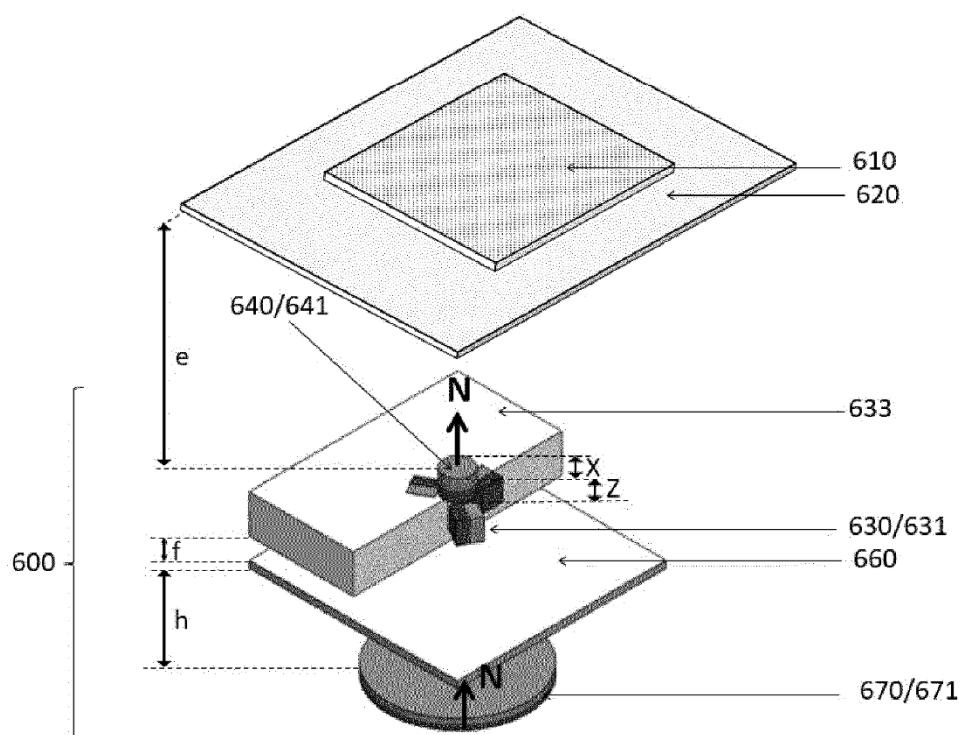
**Fig. 5B**



**Fig. 5C**



**Fig. 6A**



**Fig. 6B**

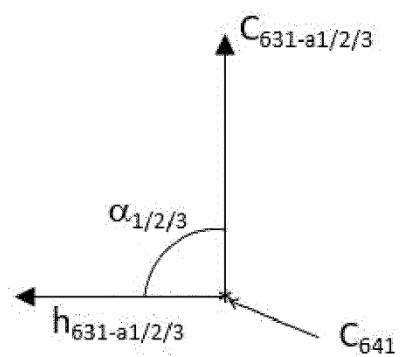
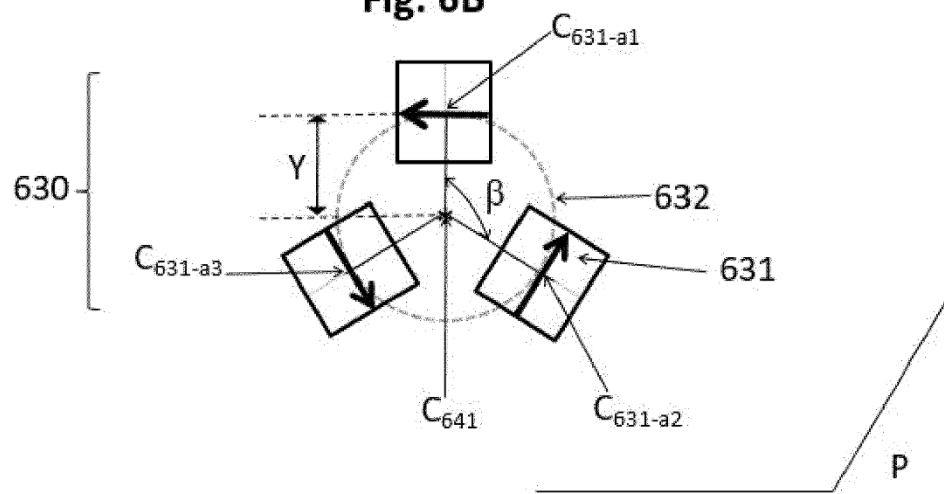


Fig. 6C

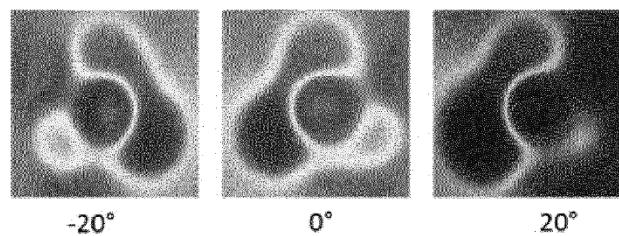
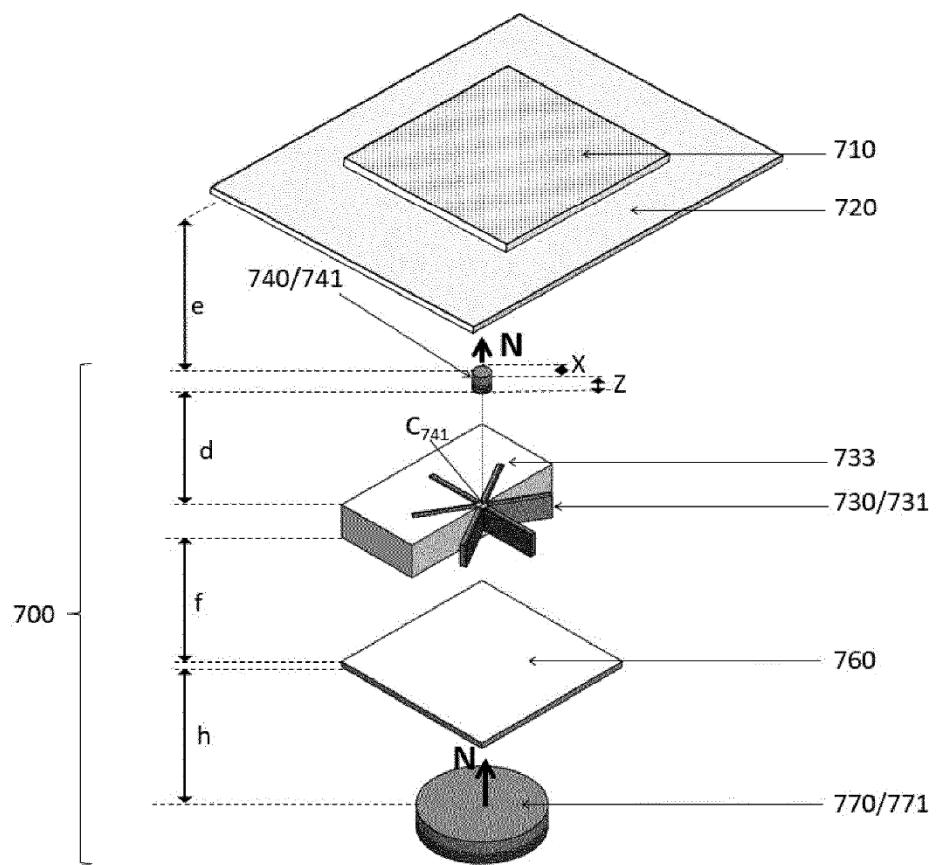


Fig. 7A



**Fig. 7B**

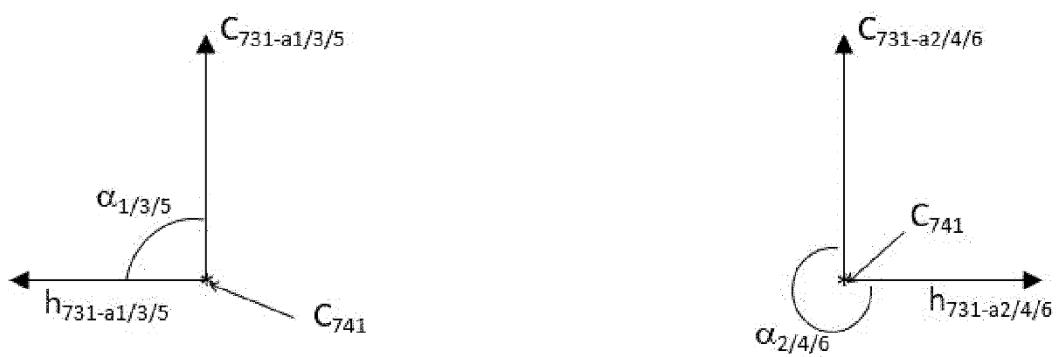
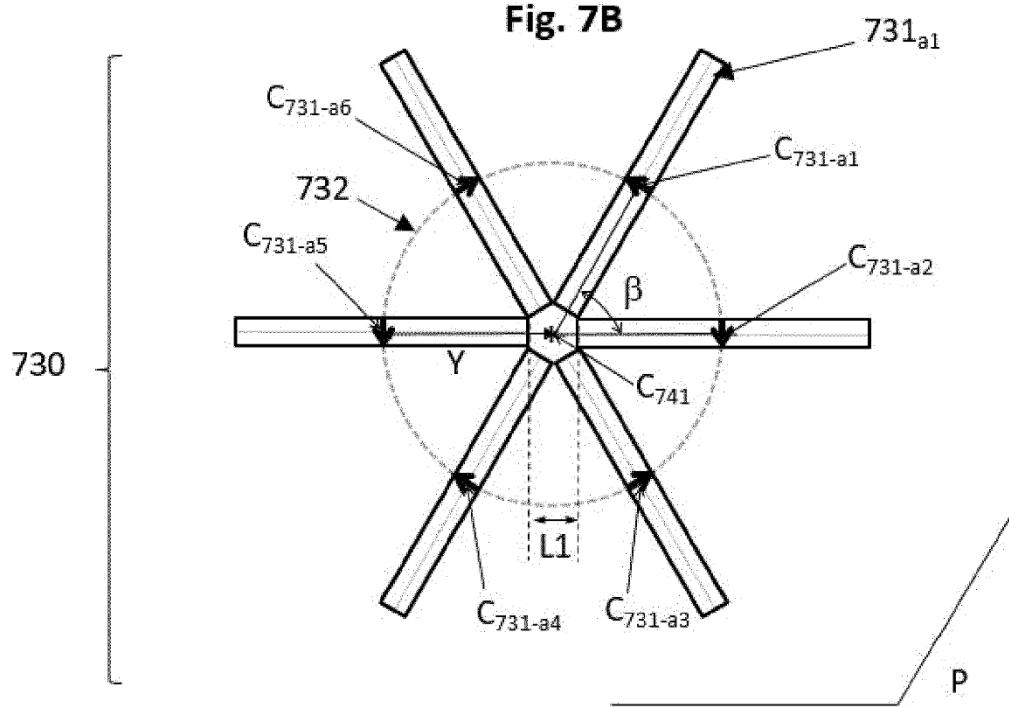


Fig. 7C

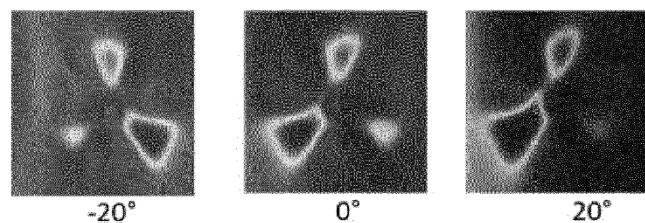
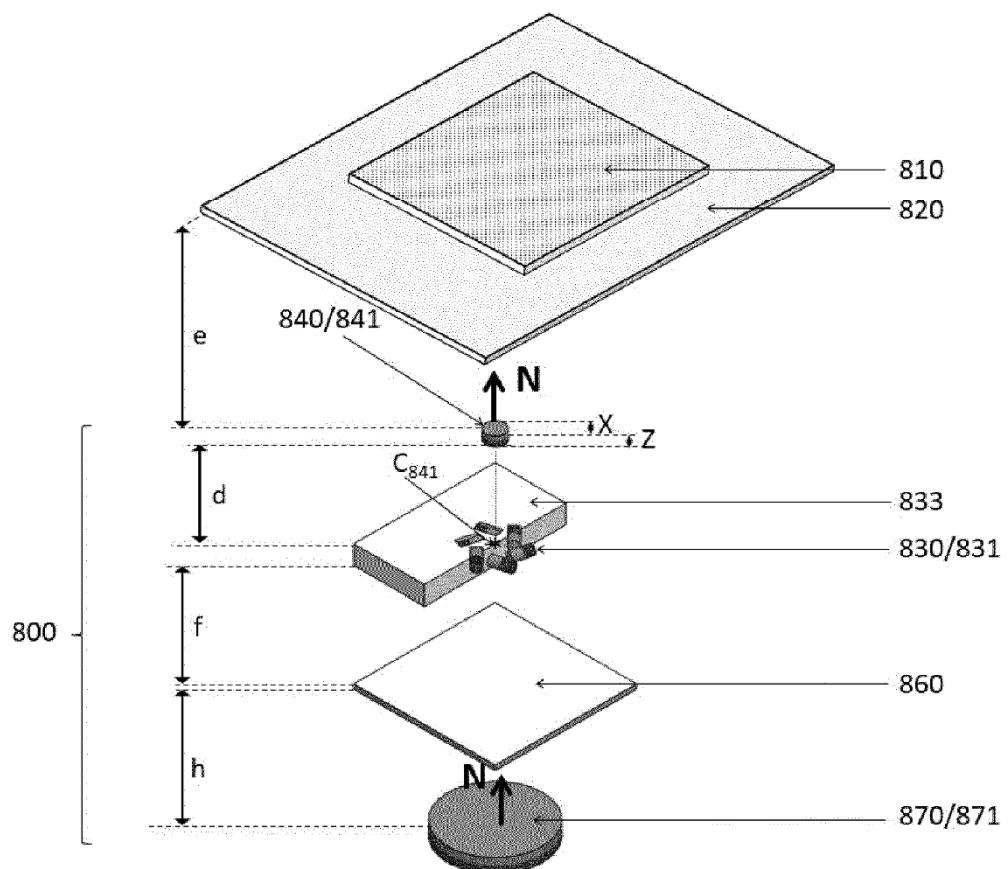
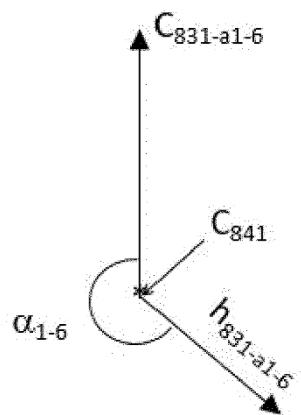
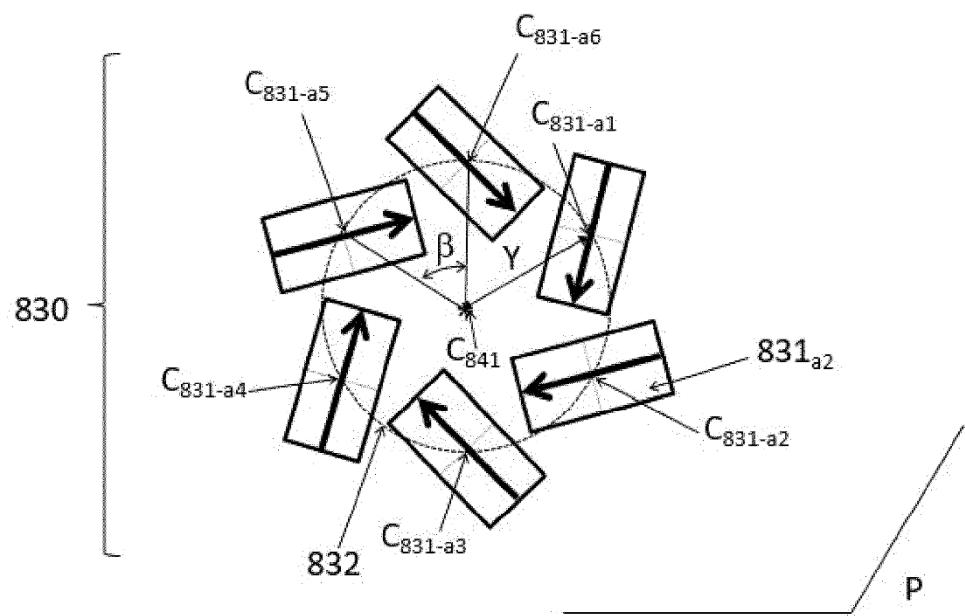


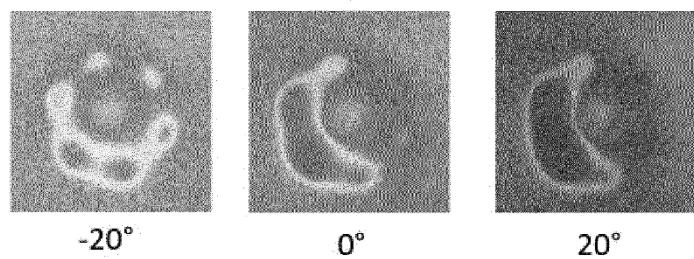
Fig. 8A



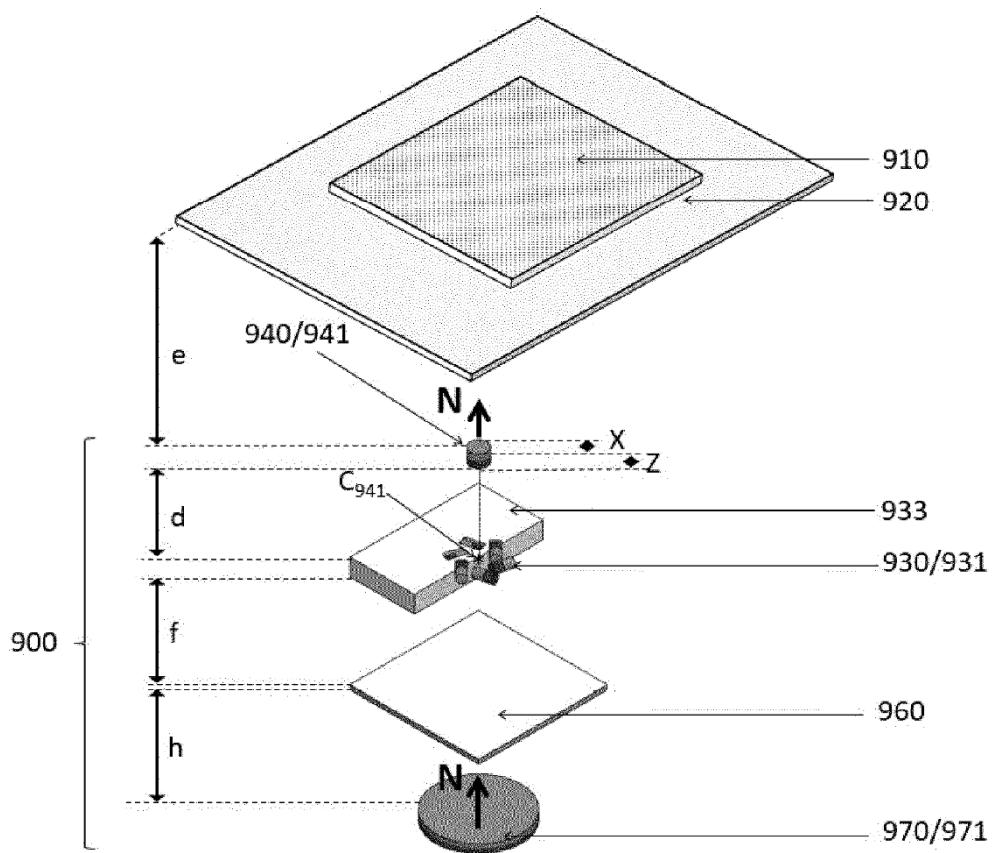
**Fig. 8B**



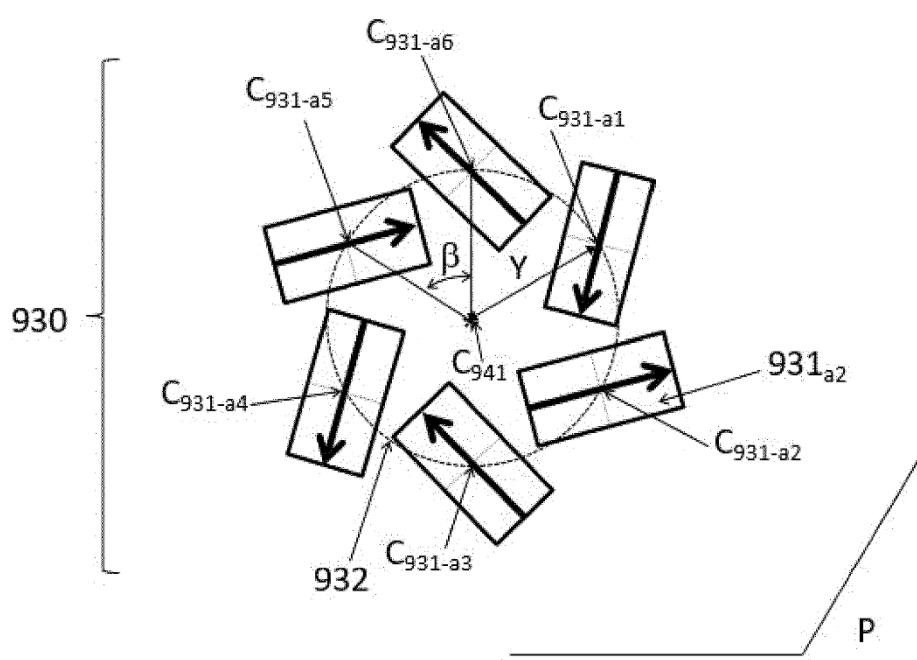
**Fig. 8C**

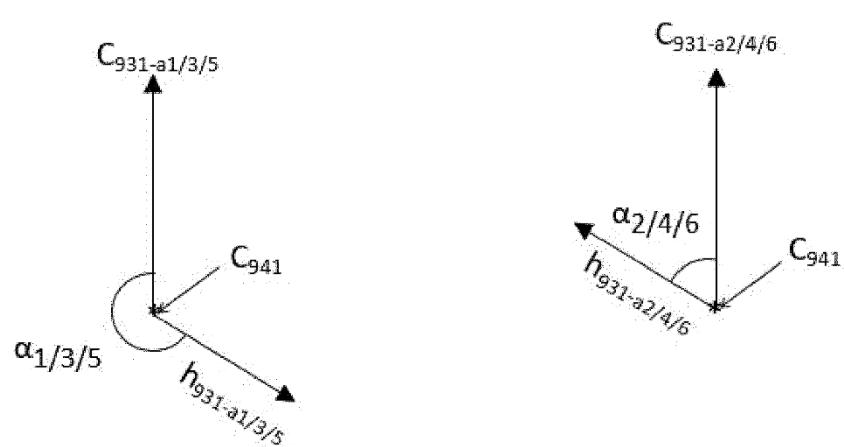


**Fig. 9A**



**Fig. 9B**





**Fig. 9C**

